

Implemented by





السيارات الكهربائية

ELECTRIC VEHICLES

دكتور مهندس
كاميليا يوسف محمد

مراجعة دكتور مهندس
محمد عبد الرحمن







السيارات الكهربائية

ELECTRIC VEHICLES



دكتور مهندس
كاميليا يوسف محمد

مراجعة دكتور مهندس
محمد عبد الرحمن

الفهرس

تـقديـم

من أجل التوصل إلي نظام للطاقة يتسم بأستدامة فعلية مصحوباً بالحفاظ علي البيئة مع تقليل الضرر البيئي، وخاصة ان العالم اليوم يواجه تهديداً حقيقياً بسبب تغير المناخ المتواصل نتيجة الأنبعاثات الصادرة من احتراق أنواع الوقود الاحفوري، ولذا يجب مشاركة جميع العناصر التي تساعد علي الوصول لطاقة مستدامة ومنها تشجيع وإستخدام الطاقات المتجددة وتشجيع صناعات الأجهزة المرشدة للطاقة والتوعية بها، وتطبيق برامج إدارة الأحمال والترشيد، واستخدام السيارات الكهربائية والهجينة.

ولذا يظل الأتجاه العالمي يعمل ويشجع نحو استخدام مصادر الطاقة المتجددة والنظيفة بديلاً عن الوقود الاحفوري بهدف تحقيق العديد من الأهداف والتي منها تقليل الانبعاثات الضارة والحفاظ علي البيئة محلياً وعالمياً مع خلق العديد من فرص العمل.

وأيضاً أهتمت الدول والحكومات بتشجيع صناعة ونمو السيارات الكهربائية (والتي سبقت وجود سيارات الاحتراق الداخلي بنحو سبعين سنة) وتمكنت من التفوق عليها من ناحية إنخفاض صوت المحرك وإنخفاض الانبعاثات.

تعتمد آلية عمل السيارات الكهربائية علي الطاقة الكهربائية بشكل كامل لتنفيذ جميع المهام المسندة إليها، حيث يتم تخزين الطاقة الكهربائية داخل بطاريات خاصة وذلك من خلال توصيلها بالشبكة الكهربائية العامة (محطات الشحن) أو من خلال محطات طاقة شمسية.
يوجد العديد من الفوائد التي ستضيفها استخدام السيارات الكهربائية في العالم مثل :

- لم يعد هناك حاجة للوقود مع انتشارها وبالتالي يتم توفير الكثير من المال
- إستخدام السيارات الكهربائية ببعض الدول يخفض من التكاليف الضريبية لإمتلاك السيارة
- صديقة للبيئة ولا تصدر أي دخان أو عوادم وتساهم في وجود مناخ صحي
- لا تحتاج لعمليات صيانة مثل تلك التي تحتاجها السيارة العادية

وضعت مصر استراتيجية تصنيع ونشر أستخدام المركبات الكهربائية بالرؤية التالية:
"ان تكون مصر فى طليعة مصنعى المركبات الكهربائية على الخريطة العالمية لدعم الاقتصاد الوطنى وتحقيق التنمية المستدامة"
وإيماناً من قطاع الكهرباء بمصر للوصول إلي نظام طاقة مستدامة فقد تم تنفيذ العديد من الاهداف والمشروعات منها :
– وضع استراتيجية الطاقة المتجددة وذلك للوصول إلي نسبة الطاقة المولدة من الطاقات المتجددة إلي 42% عام 2035
– تنفيذ العديد من مشروعات إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية سواء المرتبطة بالشبكة أو المعزولة عنها
– إصدار قانون بشأن تحفيز إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة
كذلك أعطي قطاع الكهرباء مزيداً من الأهتمام بالتدريب والتوعية بالعمل علي إصدار ونشر بعض الكتيبات مثل :
ترشيد الطاقة بتكنولوجيا " الليد "– ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية – سخانات المياه– مكيفات الهواء بالطاقة الشمسية– وايضا اصدار ونشر الكتب الاتية :
الطاقة الكهروشمسية – تكنولوجيا محطات المركزات الشمسية

و استكمالا وتواصلا لتحقيق أهداف قطاع الكهرباء بالتدريب والتوعية كان هذا الكتاب الذي بين ايدينا بعنوان " السيارات الكهربائية ". يحتوي الكتاب علي أنواع ومكونات وعمل وخصائص ومميزات السيارات الكهربائية والهجينة، ومحطات شحن البطاريات من الشبكة الكهربائية أو من محطات الطاقة الشمسية، ومتطلبات الأمان والسلامة.

إن هذا الكتاب بعنوان " السيارات الكهربائية " قد تم إعداده من أجل توعية المهندسين والفنيين ككتاب مرجعى باللغة العربية يسهل للعاملين والمهتمين بالمجال مصدرا لعرض المعلومات العلمية والعملية كأحد التطبيقات التى تساهم فى الحفاظ على البيئة، ليس فقط على مستوى العاملين بقطاع الكهرباء ولكن نأمل أن ينتشر ليشمل المهتمين بمنظمات المجتمع المدنى والاعلام والجهات الأخرى المعنية بحيث يكون موجها لتوصيل رسالة عن احد الطرق الفاعلة فى تحقيق الطاقة المستدامة .

آملين من الله أن يحقق الغاية المنشودة من ورائه، والله من وراء القصد

وفقنا الله الى ما فيه خير امتنا بالايمان والتسلح بالعلم والمعرفة والتقدم

ربنا تقبل منا إنك أنت السميع العليم. . . أسال الله الخير لمصرنا الحبيبة

وزير الكهرباء والطاقة المتجددة

دكتور مهندس / محمد شاكر المرقبي

مقدمة

تؤدى الحكومات في جميع أنحاء العالم دوراً رئيسياً في تشجيع صناعة ونمو السيارات الكهربائية منها من تشجع مواطنيها علي التحول للسيارات الكهربائية لأنها تحقق أهداف الدول من حيث تقليل الانبعاثات الغازية والتقليل من معوقات التلوث لأنها: لا تنبعث منها غازات ضارة أثناء سيرها علي الطريق، وتمتلك السيارة الكهربائية جميع مواصفات السيارات العادية بأستثناء المحرك، وتعتمد قوة الشحن علي نوع التيار الكهربي وقدرة محرك الشحن.

من امثلة ذلك ان المملكة المتحدة تستعد للانتقال للسيارات الكهربائية من خلال خطتها لإنهاء بيع السيارات والشاحنات الصغيرة التي تعمل بمحركات الاحتراق بحلول عام 2035.

لقد اهتمت وعملت مصر على تعظيم الاتجاه نحو الاقتصاد الأخضر من خلال تنفيذ العديد من المشروعات وذلك للحد من التلوث والانبعاثات البيئية الضارة وهو ما يتفق مع اجندة مصر 2030 ومع رؤية الأمم المتحدة والبنك الدولى وصندوق النقد الدولى. ومن أبرز تلك المشروعات مشروع توطين السيارات والمركبات الكهربائية والاستعداد لنشر الشواحن السريعة فى الشوارع ومواقف السيارات فى جميع أنحاء الدولة، وكذلك من خلالٍ إعداد شبكات الكهرباء لاستيعاب الزيادة المتوقعة فى الاستهلاك وسياسات الدعم اللازمة والتى تمثل عاملا مهمًا فى تشجيع المستهلك على تغيير الأساليب القديمة من وسائل النقل التى تم استخدامها لعدة عقود، بالاضافة الى المرافق التجارية التى تدعم ظهور صناعة بهذا الحجم الكبير. ان شاء الله سيتم تصنيع اول سيارة كهربائية بالسوق المصرية وطرحها بالأسواق مطلع 2022، على أن يتم إنتاج 25 ألف سيارة ركوب كهربية سنويًا بالتعاون مع إحدى الشركات الصينية.

السيارات الكهربائية هي سيارات تستخدم محركا كهربائيا لدفعها، يعمل المحرك بواسطة بطاريات يتم شحنها في محطات الشحن، تتكون السيارة الكهربائية من ثلاثة أجزاء رئيسية هم البطاريات، محرك كهربي يعمل بالتيار المستمر، ووحدة تحكم (والتي تتصل بشكل مباشر بالدواسة).

تتمتع السيارات الكهربائية بالعديد من المزايا التي تتفوق بها على السيارات المعتمدة على محركات الأحتراق الداخلي التقليدية فهى صديقة للبيئة فلا تنتج انبعاثات ضارة بالبيئة، واقتصادية مقارنة بغيرها من أنواع السيارات الأخرى، وامكانية إعادة تدوير البطاريات المستخدمة، وهادية حيث لا تسبب ضجيج. ومن المميزات الجديدة، انتاج سيارات جديدة قادرة على امداد منزل كامل بالطاقة الكهربائية فى حالة انقطاع التيار الكهربى لمدة ثلاثة ايام كمتوسط، حيث تمتلك هذه الطرازات خاصية الطاقة الاحتياطية الذكية.

وتماشيا مع اهتمام الدولة بتشجيع وتوطين وصناعة السيارات الكهربائية، كان الاهتمام بإصدار كتاب "السيارات الكهربائية" والذي يحتوي عشرة ابواب هي: خلفية تاريخية، السيارات الكهربائية، السيارات الكهربائية الهجين، مكونات تحويل الطاقة للسيارات الكهربائية، البطاريات، شحن السيارات الكهربائية، أنظمة شحن السيارات الكهربائية اللاسلكية، السيارات الشمسية، جودة التغذية الكهربائية والمركبات الكهربائية، متطلبات الأمان والسلامة. لغة الكتاب هى اللغة العربية مع ذكر المصطلحات الفنية الانجليزية وذلك للتسهيل على القارئ والامر الذي يعظم من القيمة العلمية للكتاب.

نرجو الله سبحانة وتعالى ان نكون قد وفقنا لتقديم عمل جيد لابناءنا المهندسين والدارسين والفنين العاملين والمهتمين بهذا المجال.

اللهم علمنا ما ينفعنا وأنفعنا بما علمتنا وزدنا علما وعملا متقبلا

وفقنا الله الى ما فيه خير لمصرنا العزيزة.

دكتور مهندس

محمد عبد العزيز حسن عبد الرحمن



أتقدم بالشكر وبخالص الامتنان

للسيد الفاضل د.م / محمد شاكر المرقبى

وزير الكهرباء والطاقة المتجددة

على شرف تكرم سيادته بالتقديم لكتاب

"السيارات الكهربائية"

وعلى كرم تشجيعه المستمر للبحث العلمى ونشر الجديد والتوعية

والتدريب فى فروع ومجالات الطاقة الكهربائية والمتجددة

كذلك أتقدم بوافر الشكر

للسيد د.م / محمد عبد الرحمن

على مراجعة الكتاب، والذى كان لسيادته أضافة وقيمة

علمية مميزة أدت إلى إخراج الكتاب بهذه الصورة

كذلك نقدم جزيل الشكر إلى

"اللجنة المصرية الألمانية المشتركة للطاقة المتجددة وكفاءة

الطاقة وحماية البيئة JCEE"

على تعاونها الدائم واهتمامها وقيامها بتصميم وطباعة

هذا الكتاب.

نسأل الله أن يتقبل منا هذا الجهد خالصاً لوجهه الكريم...

د.م/ كاميليا يوسف محمد

2021/2020



الباب الأول
السيارات الكهربائية
(خلفية تاريخية)

Electric Cars Historical Background



الباب الأول
السيارات الكهربائية
خلفية تاريخية
Electric Cars - Historical Background

بدأت السيارات الكهربائية فى الظهور منذ زمن طويل ولكن كنماذج اختبار ، عدد قليل من هذه النماذج اخذت طريقها الى الانتاج التجارى والى اسواق محددة.

وقد ظهرت أول سيارة كهربائية في أوروبا خلال الثمانينيات من القرن التاسع عشر الميلادي، وسرعان ما نالت إعجاب الناس في الولايات المتحدة الامريكية. وفي أواخر القرن التاسع عشر الميلادي قاد الأمريكيون سيارات كهربائية أكثر مما قادوا من سيارات الاحتراق الداخلي. ولكن مع بداية القرن العشرين الميلادي أصبحت سيارات الاحتراق الداخلي أكثر قوة واستخدام، وأداء أفضل. كما قلّ حاجتها للتزود بالوقود، وأصبحت أقل تكلفة من السيارات الكهربائية، فاختفت السيارات الكهربائية بنهاية العشرينيات من القرن العشرين الميلادي.

فى الستينيات من القرن العشرين الميلادي تزايد القلق من التلوث البيئي مصحوبا بالتناقص المستمر في الإمدادات بالوقود الأحفورى. وأدى ذلك إلى الاهتمام بالسيارات الكهربائية، فبدأ في السبعينيات من القرن العشرين إنتاج عدد محدود من السيارات الكهربائية. وظلت مبيعاتها قليلة نظرًا لسعرها المرتفع ومداها المحدود على الطريق، فقد أسهم عدم القدرة على إنتاج بطارية غير مكلفة، وبسرعة تخزينية كبيرة، وخفيفة الوزن في وضع قيود على نجاح هذه السيارة. وعلى الرغم من ذلك فإنها في مرحلة ما بعد بدايتها ومع التطور بصفة مستمرة وسريعة لتقنياتها مثل البطاريات التى ستصبح متطورة بشكل كبير مع حلول عام 2027، وسوف ينخفض الوقت اللازم للشحن مع تطوير النظام الحركي، وعلى العموم فان السيارات الكهربائية موجودة في السوق منذ عدة أعوام.

وبهذا تعود فكرة السيارات الكهربائية إلى ما يزيد على قرن من الزمان، ومن أجل استقرارإنتشار السيارات الكهربائية توجب تطوير بنية تحتية جديدة مثل توفير الطاقة الكهربائية اللازمة لمواجهة زيادة الأحمال (محطات شحن بطاريات سريعة. وتوفير أنظمة لإعادة تدوير البطاريات).

تاريخ السيارة الكهربائية

- في منتصف 1830
ظهور أول تجربة لسيارة كهربائية خفيفة بالولايات المتحده الأمريكية وبريطانيا وهولندا
- فى 1835

وقد كان عام الحافلات الكهربائية حيث ابتكر الأمريكي توماس دافنبورت (T.Davenport) عربة نقل عادية تسير على قضبان سكة حديد بوساطة محرك كهربائي يعمل من خلال بطارية كبيرة على متن العربة. وقد تطورت هذه الفكرة فيما بعد ونتج عنها ما يعرف بخط الترام (tramway)، وبناء

على ذلك أنشئت في عام 1860 ثلاثة خطوط ترام في مدينة لندن وتبعتها خطوط أخرى
- في 1859
وقد تم تصنيع بطارية رصاص - أسيد، وفي سنة 1861 تم إختراع محرك يعمل بتيار مباشر والذي استخدم كمصدر للطاقة في أول سيارة كهربائية بفرنسا عام 1881
- في 1901
ثم طور توماس أديسون البطاريات، حيث جاء ببطارية نيكل – حديد والتي تخزن 40% من الطاقة أكثر من البطارية الرصاص، ولكن بتكلفة عالية.
- الفترة 1880 - 1900
أطلق على هذه الفترة بالعصر الذهبي للسيارة الكهربائية
- في 1893
أقيم المعرض العالمي للسيارات في شيكاغو، وفيه تم عرض عدد 6 أنواع من السيارات الكهربائية وأطلق عليها السيارة المتحركة (automobile)
- في 1897
كان هناك عدد 15 سيارة أجرة كهربائية في لندن وعدد 13 بنيويورك
- في نهاية الحرب العالميه الأولى
كانت الولايات المتحدة الأمريكية تمتلك 50 ألف سيارة كهربائية
– مع اختراع الترانزيستور خلال الأربعينيات من القرن العشرين، بدأت إحدي الشركات عام 1947 في إنتاج أول سيارة تعمل بالطاقة الكهربائية، وذلك باستخدام الترانزيستور حيث أنتجت سيارة اطلق عليها هيني كيلووات (Henney Kilowatt) ورغم نجاح عمل تلك السيارة الكهربائية، إلا أن سعرها مرتفع مقارنة بالسيارات التقليدية، وانتهي إنتاجها عام 1961 لعدم الإقبال عليها.
- في بداية 1960
إنتعشت صناعة السيارات الكهربائية وتواصلت صناعتها خلال السبعينات والثمانينات وحتى التسعينات.... وتميزت بصغر الإنبعاثات الملوثة للبيئه.
- في 3 يوليو 1971
استحوزت عربة تعمل بالكهرباء على اسم أول سيارة كهربائية يقودها الإنسان على سطح القمر وعرفت بالعربة القمرية الفضائية الكهربائية (Lunar rover)، والتى قد بدأ تصميمها عام 1969 في معمل البحوث لشركة جنرال موتورز في سانتا باربارا، كاليفورنيا بعقد من شركة بوينج للطيران، واستغرق تصميم وبناء العربة 17 شهرا. فقد صنعت بغرض الاستخدام على سطح القمر ضمن البعثة الفضائية إلى القمر مع أبولو 15. وأنتجتها شركة بوينج ليستعملها رواد الفضاءعلى القمر. وكانت مزودة بأربعة محركات تعمل بالتيار المستمر ومتصل كل منها بعجلة من العجلات الأربع للسيارة، وبطاريتين من نوع فضة – زنك وهيدروكسيد البوتاسيوم، (جهد كل بطارية 36 فولت). واستخدمت أيضا خلال رحلات أبولو 16 وأبولو 17 واستطاع رواد الفضاء بواسطتها زيادة مسافات تجولاتهم الاستكشافية على سطح القمر إلى نحو 92 كيلومتر، كما ساعدت على حمل أجهزتهم العلمية وكذلك عينات تربة القمر وصخوره. ترتفع العربة 36 سنتيمتر عن أرضية القمر ومصممة بحيث يمكن طيها وقت الإقلاع والطيران حيث كانت تشغل حيزا 0.90 م×1.50م× 1.70 م تحت مركبة الهبوط على القمر

- في 2011
أثبتت السيارة الكهربائية «وليف نيسان» وجودها ووصفت بلقب أفضل سيارة أوروبية

ظهر في أواخــر الثمانينيات من القرن العشرين الميلادي ســيارات كهربائية مطورة من الناحية التقنية وهي السيارة سنريسر التي طوّرتها مؤسسة جنرال موتورز. وفي هذه السيارة الاختبارية تستخدم الطاقة الشمسية في إعادة شحن البطارية.

توضح الأشكال من (1) إلى (8) تاريخ وأنواع السيارات الكهربائية



شكل (1) سيارة كهربائية بواسطة سيمنز، 1904
(Ref. Bundesarchiv Bild (German Federal archive)، en.wikipedia.org)



شكل(2) توماس اديسون مع سيارة مصنعة بواسطة Detroit Electric (1907 - 1939)
Ref. Courtesy of National Museum of American History، en.wikipedia.)
(org



شكل (3) ، Tribelhorn (1902 - 1919)
(Ref. en.wikipedia.org/wiki/ Tribelhorn)



شكل (4) ، The Henny Kilowatt (1902 - 1919)
(Ref. en.wikipedia.org/wiki/ Henny_Kilowatt)



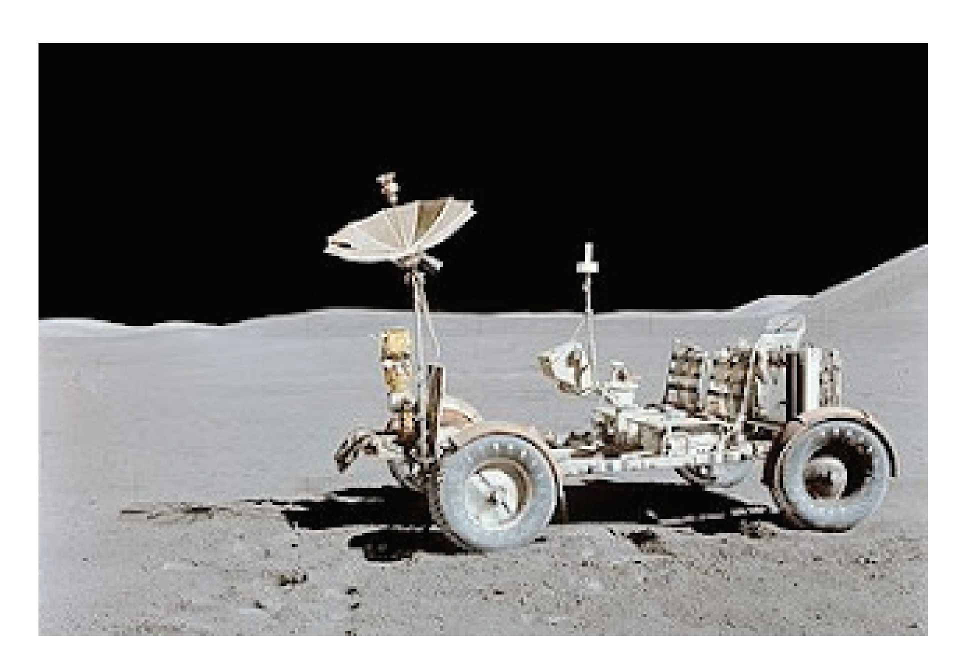
شكل (5)، (1996)، General Motors، Saturn EV-1
(Ref. en.wikipedia.org/wiki/ General-Motor EV1)



شكل (6)، 2007، Chevrolet Volt
(Ref. en.wikipedia.org/wiki/ Chevrolet _Volt)



شكل (7) ، 2008 ، Tesla Roadster
(Ref. www.teslamotors.com/roadster)



شكل (8) العربة القمرية الفضائية الكهربائية

تاريخ السياره الهجينة

استطاعت شركات تصنيع السيارات في السبعينيات والثمانينيات من القرن العشرين تطوير نوع اختباري من السيارات الكهربائية عُرف بالهجين. هذه السيارات تتكون من كل مكونات السيارة الكهربائية بالإضافة إلى آلة احتراق داخلي يمكن استخدامها في إعادة شحن البطاريات، أو في تسيير السيارة عند اللزوم.

بشكل عام، السيارة الهجينة هي السيارة التى تستخدم أكثر من مصدر وقود، في هذه الأيام، استخدم المصطلح بشكل أساسي لوصف السيارات التي تجمع بين محرك الاحتراق الداخلي الذي يعمل بالغاز (أو البنزين) ومحرك كهربائي يعمل بالبطارية. حتى وقت قريب كانت هذه السيارات الكهربائية الهجينة (HEVs) نادرة نسبيًا، لكن نجاح سيارة تويوتا بريوس زاد من وعي الجمهور بهذه المركبات الموفرة للوقود وأنتج عددًا من السيارات المماثلة من الشركات المصنعة مثل هوندا (هوندا إنسايت) وفورد (فورد فيوجن الهجين). في الواقع، تعد هذه السيارات ذات الكفاءة في استهلاك الوقود واحدة من أسرع القطاعات نموا في صناعة السيارات. حيث أنها تساعد على القيادة الخضراء والحد من الإنبعاثات الملوثة للبيئة.

في أواخر القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين، عندما كان الفكر أن السيارات يجب أن تعمل بالبنزين، درس المخترعون عدد من الطرق التي يمكن من خلالها تشغيل السيارات – بما في ذلك الكهرباء والوقود الأحفوري والبخار ومجموعات من هذه الأشياء. ومع ذلك، بدأ تاريخ السيارات الكهربائية الهجينة بعد وقت قصير من فجر القرن العشرين.

- في 1900

في معرض باريس ظهر لأول مرة بداية سيارة كهربائية، إلا أن المصمم فرديناند بورش (Ferdinand Porsche) سرعان ما أضاف محرك احتراق داخلي لإعادة شحن البطاريات، مما يجعلها أول سيارة كهربائية هجينة. وفى 1903 بدأ إنتاج سيارة بورش الهجينة والتى اشتملت على: محرك بنزين – بطاريات – مولد كهربى – محركين كهربائيين مرتبطان بالعجلات الأمامية.يوضح شكل (9) سيارة بورش الهجينة

- في 1914

طرحت كندا سلسلة من السيارات الهجينة، بلغت سرعتها 50km/h وتستهلك كمية وقود 4lit/100km

- في 1916

طرحت شركة (Woods Motor) مركبة كهربائية هجينة مزودة بمحرك احتراق داخلي رباعي الأسطوانات. تبلغ سرعة التشغيل المزدوج حوالي 35 ميلا في الساعة (56.3 كيلومترا في الساعة).

- فى 1921
ظهرنمـوذج سـيارة أوين ماجنيتن موديـل (Owen Magnetic 60) والذي يسـتخدم محرك البنزيـن لتشـغيل مولد يوفر الطاقـة الكهربائية للمحركـات المثبتة في كل مـن العجلات الخلفية. يوضح شكل (10) هذا النموذج

- 1960 & 1970
بنى المهندس الكهربائي فيكتور ووك (Victor Wouk) نموذجا أوليا للسيارة الهجين(HEV).

– فى 1968
طورت شركة جنرال موتورز مركبة تجريبية تعمل على الكهرباء بسرعات منخفضة والبنزين بسرعات عالية.

- فى 1989
قدمت أودي ديو (Audi Duo) سـيارة تجمع محرك كهربائي 12 حصـان مع محرك احتراق داخلي 139 حصان. ثم طوّرت Audi أجيالا أخرى من الثنائي خلال معظم العقد التالي.

- فى 1997
طـورت (Akihiro Wadi) سـيارات هجينة أكثر كفاءة في اسـتهلاك الوقـود، وقدمت تويوتا بريوس (Toyota Prius) وبدات في تسويقها في اليابان.

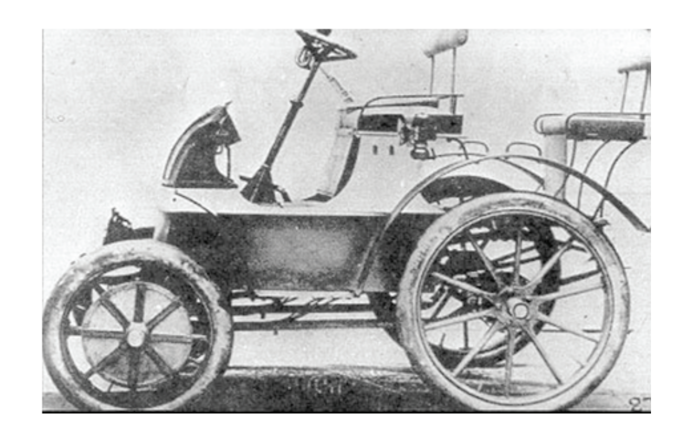
يوضح شكل (11) نموذج أولى لسيارة هجينة فيت 1979

- فى 1999
بـدأت هونـدا تقدم رؤية للسـيارة الهجينة، يوضـح شـكل (12) سـيارة هجينة هوندا عرضـت في معرض أمريكا الشمالية الدولي للسيارات لعام 1999 في ديترويت

- فى 2000
بدأت تويوتا في تسويق بريوس(Prius) (كنموذج فى 2001) بالولايات المتحدة.

– فى 2002
بدأت السـيارات الهجينة تصـبح شـائعة إلى حـد ما في الاسـواق. هوندا قدمت سـيارة أكورد هايـبرد (Accord Hybrid). وعلـى مدى السـنوات القليلة التالية ظهر العديد من السـيارات الهجينة

- فى 2004
قدمـت فـورد أول سـيارة هجينـة متعـددة الاسـتخدامات، وهـي فـورد إسـكيب (Ford Escape Hybrid) 2005. يوضح شكل (13) هذه السيارة



شكل (9) سيارة بورش الهجينة



شكل (10) نموذج سيارة أوين ماجنيتن



شكل (11) نموذج أولى لسيارة هجينة فيت 1979



شكل (12) سيارة هجينة هوندا عرضت في معرض أمريكا الشمالية الدولي للسيارات لعام 1999 في ديترويت



شكل (13) سيارة فورد إسكيب هجينة متعددة الاستخدامات



الباب الثاني
السيارات الكهربائية
ELECTRIC VEHICLES (EVs)



الباب الثانى

السيارات الكهربائية

ELECTRIC VEHICLES (EVs)

مع الزيادة المستمرة فى أعداد سكان العالم المصاحبة للحاجة الكبيرة والماسة لوسائل النقل فقد تطلب ذلك التطور بشكل سريع فى صناعة السيارات، مع الحاجة لسرعات أعلى ووجود مساحات أقل في الشارع والطرق وضرورة تجنب وخفض الضرر البيئي أو منعة، فقد أنتج المصنعون سيارات تعمل بالطاقة الكهربائية بدلا من المشتقات البترولية (بنزين – ديزل)

تنقسم السيارت الى الانواع الرئيسية الاتية :

– سيارات الوقود والتى تعمل بمحركات الاحتراق الداخلي

– السيارات الكهربائية :

- السيارات الكهربائية الهجينة والتى تعمل بمحركين احدهم محرك احتراق داخلى والاخر محرك كهربائى
- السيارات الكهربائية ببطاريات والتى تعمل بمحرك كهربائى فقط وهى النوع الذى يتم الاهتمام فى انشاء بنية تحتية تخصها.
- السيارات الكهربائية التى تعمل بالخلايا الهيدروجينية (Fuel cell)

سيارات الوقود

هى السيارات التي تعمل بالوقود المحروق، مثل البنزين والديزل، والتى ظهرت منذ القرن الثامن عشر، واستطاعت العديد من البلدان أن تُحدث نقلة كبيرة على مستوى الصناعة، مثل ألمانيا والتي قادت بشكل واضح سيارات السباق والرياضية، والنمور الآسيوية التي فضلت الواقعية بصناعة السيارات، والتي تمثلت في إنتاج العشرات من الانواع التي لقيت شعبية واسعة لدى الجماهير بأسعار مناسبة. يوضح جدول (1) عناصر تشغيل المحرك بالسيارة البنزين

تتكون مجموعة البنزين في السيارة من: الخزان الخاص بالبنزين – الطلمبة – الفلتر– الكربيراتير، يوضح جدول (2) مجموعة البنزين في السيارة

تعتمد قدرات سيارات الوقود المحروق، على مقدار المسافة التي تستطيع سيرها السيارة بكمية محددة من الوقود (بنزين – ديزل)، أو قياس نفس القدرات عن طريق تحديد المسافة وتغيير كمية الوقود، بحيث يمكن الحكم على قدرات السيارة في استهلاك الوقود من خلال مقدار البنزين أو الديزل المستخدم للسير إلى مسافة مقدارها 100 كم، وهو الأمر الذي لا يزال يشكل عامل حاسم في اختيار السيارات.

جدول (1) عناصر تشغيل المحرك بالسيارة البنزين

العنصر	التوضيح
الوقود	للحصول على الطاقة الحرارية
الهواء	- يعمل كمبرد فعال - القابلية لخلط الهواء بالوقود للحصول على الإشتعال
الزيت	- يقوم بالتزييت لتقليل التآكل بين الأجزاء المتحركة - بطانة لتقليل الصوت - كمبرد لتقليل الحرارة المنتجة - مانع تسرب بين المكبس وغرفة الإحتراق - كمنظف لإزالة الأوساخ والذرات الخشنه - يخفض معدل الإحتكاك فيقل فقد القدرة وبالتالي تزيد كفاءة المحرك
المياه	مبرد للتحكم في درجة حرارة المحرك
الشرارة الكهربائية	تحقق إشعال التفاعل الكيميائي للوقود وعندئذ تنتج الطاقة الحرارية

جدول (2) مجموعة البنزين في السيارة

المكون	الوصف
خزان البنزين	يوجد فى طرف السيارة بعيداً نسبياً عن المحرك (لحماية المحرك من التعرض للحريق عند حدوث اي خطأ) وهو مصنوع من الصلب ، ويسع فى المتوسط الى 40 لترا
مضخة البنزين (الطلمبة)	يسحب البنزين من الخزان ودفعه مرة أخرى إلى المغذى
المغذى	يقوم بتحضير خليط من الهواء وبخار البنزين بالنسب المطلوبة، ويدفع بهذا الخليط الى مجمع الشحن في السيارة
مجمع الشحن (الكاربيراتير)	يستقبل خليط الهواء والبنزين ويقوم بتوزيعه على اسطوانات المحرك.
مرشح الهواء (الفلتر)	عبارة عن علبة اسطوانية مفرغة، يقوم بترشيح الهواء قبل دخوله الى المغذى، ويعمل على تنقيته من الشوائب والأتربة

أنواع السيارات الكهربائية

هناك ثلاثة أنواع من السيارات الكهربائية (ELECTRIC VEHICLES (EVs)، والموضحة فى شكل (1) وهى :

– سيارة هجينة (Hybrid)

لا تحتوى على قابس مدخل (plug in)

النوع الأكثر شيوعًا من EV متوفر اليوم ، تعتمد السيارة الهجينة على نظامين : محرك لتوليد الكهرباء لتغذية البطاريات ومحرك يعمل بالبنزين . يقدم كل مصنع رئيسي تقريبًا العديد من النماذج المختلفة من السيارات الهجينة للعملاء للاختيار من بينها .

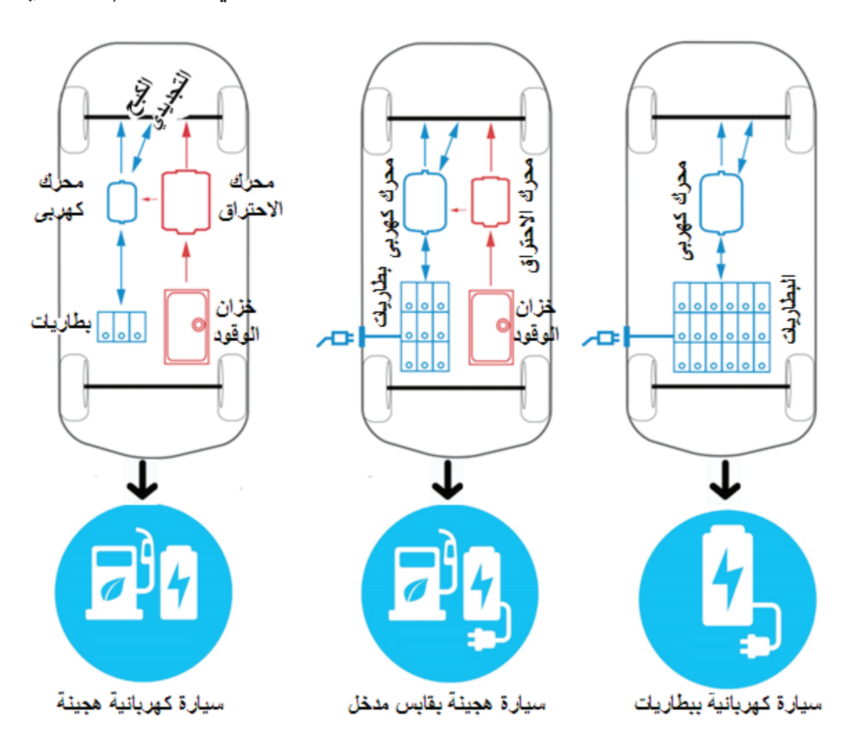
– سيارة هجينة بقابس مدخل (Plug-in Hybrid (PHEV)

تحتوى على قابس مدخل (plug in)

تحتوي السيارة على حزمة بطاريات قابلة لإعادة الشحن ومحرك يعمل بالبنزين ، وإذا استنفدت حزمة البطاريات ، يتولى محرك البنزين القيادة .

– سيارة كهربائية ببطاريات (Battery Electric Vehicle (BEV)

يتم تشغيل BEVs فقط بواسطة حزمة بطاريات قابلة للشحن ، ولا شيء آخر . (دون أي البنزين)



شكل (1) أنواع السيارات الكهربائية

فى هذا الباب سنتعرض الى السيارات الكهربائية ببطاريات

السيارات الكهربائية ببطاريات (Battery Electric Vehicles (BEVs

تمتاز السيارة الكهربائية بأحتوائها على جزء متحرك واحد، كما هو واضح فى شكل (2).

تكون المكونات الرئيسية للسيارة الكهربائية عبارة عن : حزمة البطاريات والمنظم والمحرك الكهربائى، والموضحة بشكل (3)، ومن خصائصها :

- تعتمد القيادة بالكامل على الطاقة الكهربائية
- سعة البطاريات كبيرة، وعادة تكون من نوع الليثيوم – ايون، ليثيوم أيون حديد فوسفات، ليثيوم تيتانيوم، نيكل بنجنيز كوبلت
- ذات مدى من قصير الى متوسط حتى وصل الي 500 كم
- تشحن حزمة البطاريات فقط من الشبكة الكهربائية (شكل (4))

يوضح جدول (3) المكونات الاساسية للسيارات الكهربائية

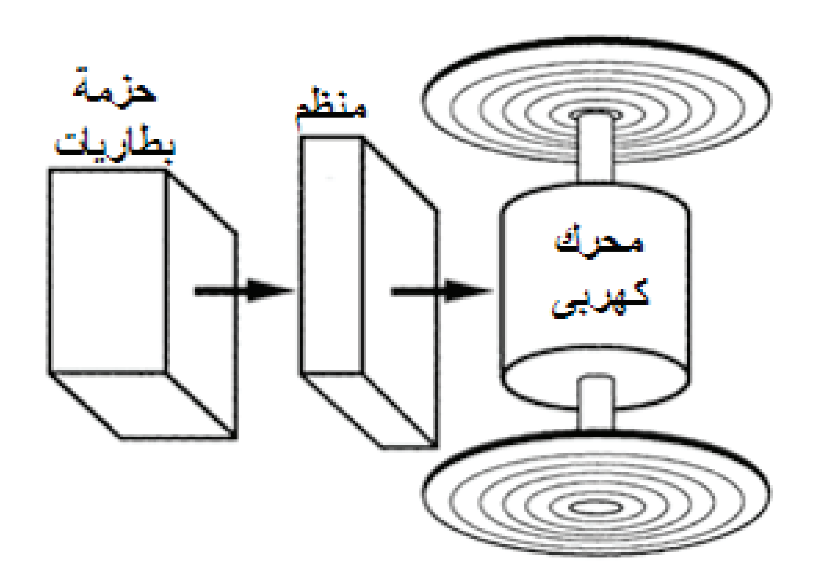
يوضح شكل (5) تمثيل المكونات الرئيسية بالسيارة الكهربائية

معظم السيارات الكهربائية الحديثة تشتمل على ميكرو كمبيوتر يقوم بمراقبة أداء المكونات الأساسية فى السيارة ليتحكم فى أدائها من خلال إرسال إشارات إلى وحدة التحكم و وحدة الحماية

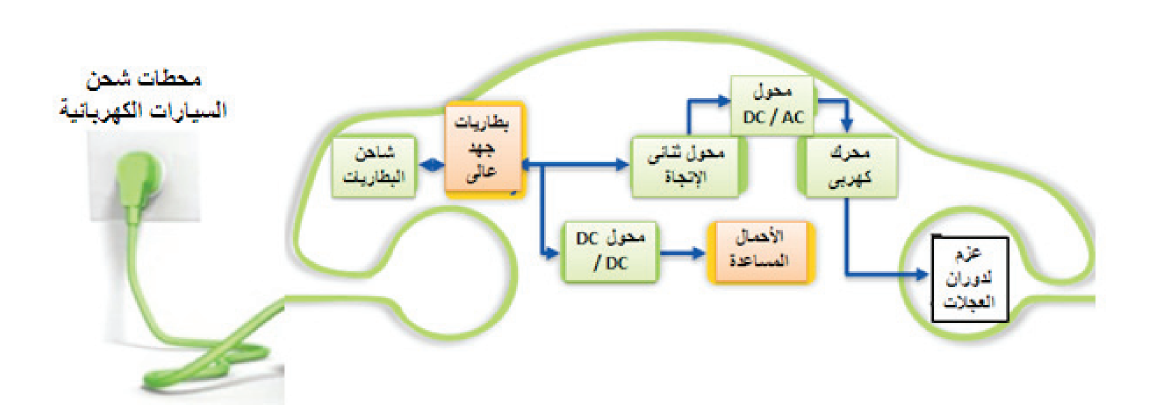


الأجزاء المتحركة بسيارة كهربائية	الأجزاء المتحركة بسيارة الاحتراق الداخلي	
المحرك الكهربي	مكبس	مضخة المياه
	عمود قيادة	عمود الكامة
	مولد	صمامات
	مضخة الوقود	محرك
	مضخة الزيت	-----

شكل (2) مقارنة الأجزاء المتحركة بسيارة كهربائية وأخرى بالأحتراق الداخلى



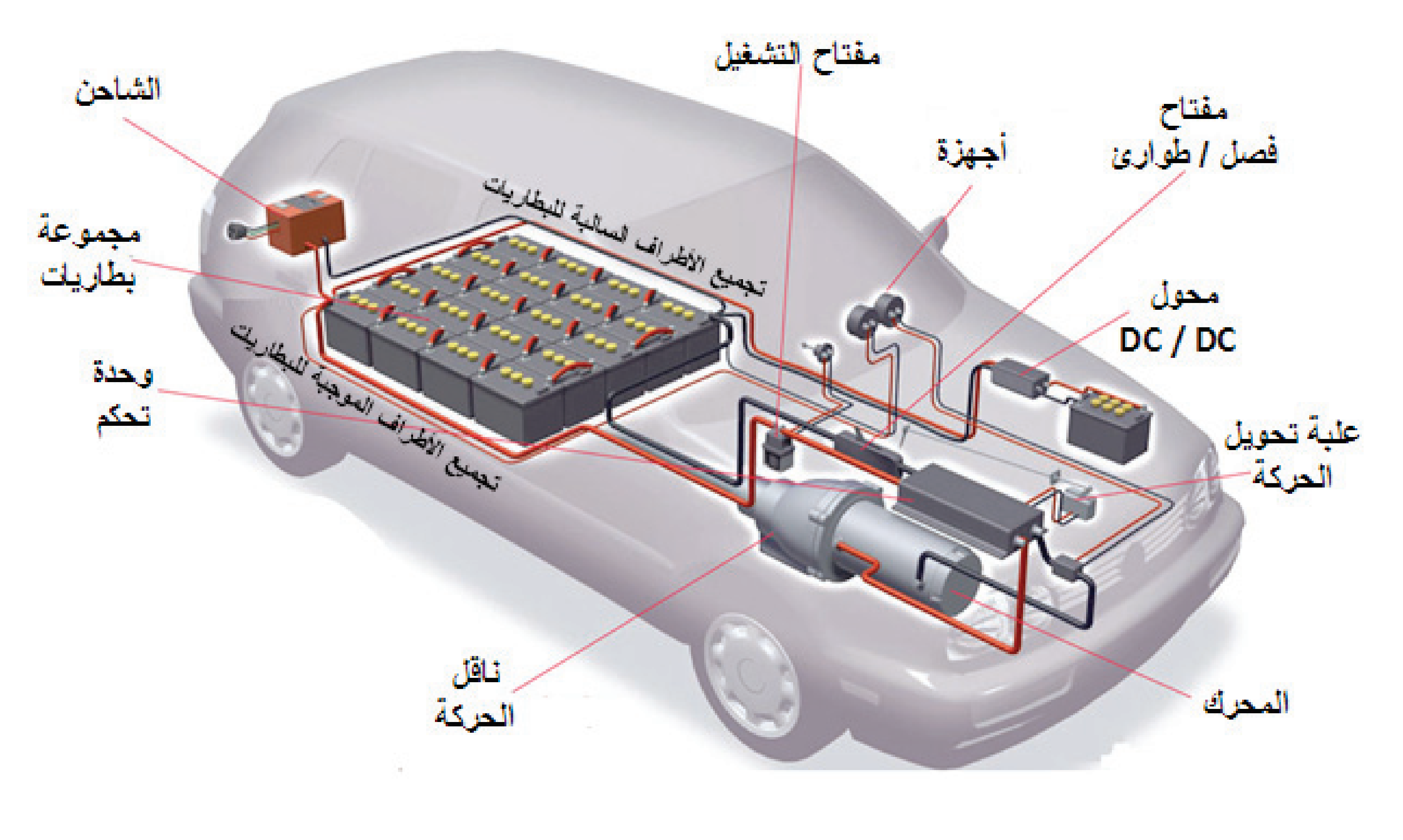
شكل (3) المكونات الاساسية للسيارة الكهربائية



شكل (4) تمثيل المكونات الرئيسية والشحن فى محطات الشحن

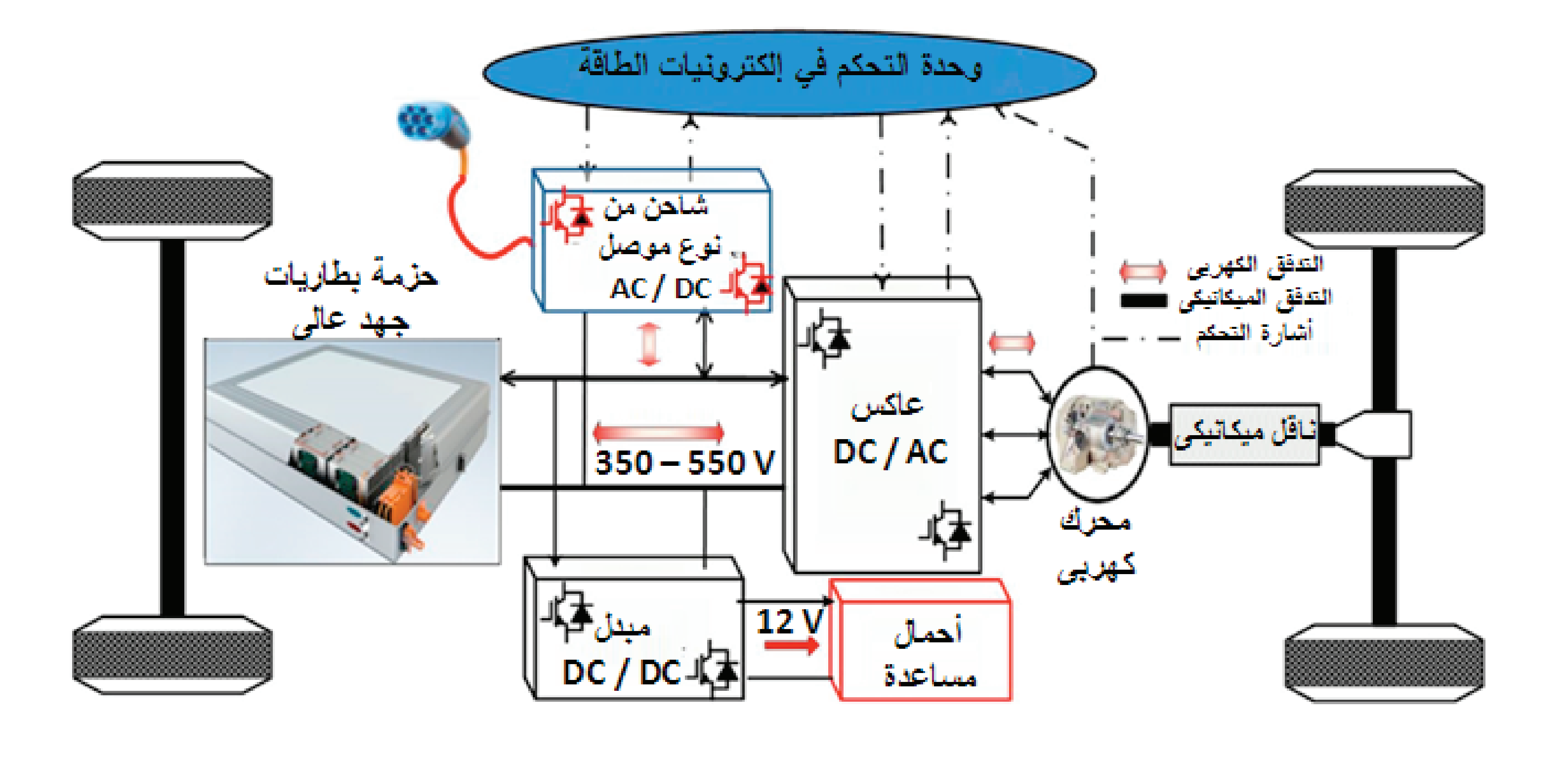
جدول (3) المكونات الاساسية للسيارات الكهربائية

المكون	الوصف
مجموعة بطاريات (Batteries)	المكون الاساسي في السيارات الكهربائية، المسئولة عن تخزين الكهرباء اللازمة لتشغيل السيارة (اقل ضمان للبطارية 8 سنوات).
وحدة التغذية الكهربائية (Power Delivery Module)	مكون مسؤول عن تحويل التيار المتردد الى تيار مستمر لأمكانية تخزينة في بطاريات السيارة
عاكس التيار الكهربي (Inverter)	لتحويل كهرباء البطارية (تيار مستمر) الي (تيار متردد) لتشغيل باقى مكونات السيارة
المحرك الكهربي (Electric Motor)	لتوليد الحركة للسيارة ويتميز بانه موفر جدا بالمقارنة بالمحركات التي تعمل بالاحتراق سواء بنزين أو غاز أو ديزل
صندوق التروس (Gearbox)	مكون من نقلتين (للامام وللخلف)، ويحتاج زيت للتروس
سخان كهربى (Electric Heater)	للتدفئة
ضاغط كهربائي (كباس) (Electric Compressor)	لنظام التبريد
مضخة الفرامل (Electric Vacuum Pump)	فرامل كهربائية تعمل بضغط الهواء
مقود توجية كهربى (Electric Power Steering)	يقوم بنقل الطاقة الميكانيكية من المحرك و/أو محرك الجر الكهربائي لقيادة العجلات
نظام تبريد البطارية (Battery Cooling System)	------
بطارية 12 فولت	للانارة وباقي وظائف السيارة ويتم تفريغها وشحنها من خلال الحركة (متوسط عمرها سنة غالبًا)
وحدة التحكم في إلكترونيات الطاقة	تدير تدفق الطاقة الكهربائية التي توفرها بطارية الجر، وتتحكم فى سرعة محرك الجر الكهربائى وعزم الدوران الذي ينتجه
منفذ الشحن	يسمح للسيارة بالاتصال بمصدر طاقة كهربائى خارجي لشحن حزمة بطاريات الجر
نظام الحماية	يشمل عدد من المصهرات وقواطع التيار والمتصلة بين البطاريات وبقية الاجزاء الكهربائية، وتكون الوظيفة، الحماية عند حدوث خطأ أو عطل فى الدوائر الكهربائية. يشمل النظام حماية ضد : الماس الكهربى، التسخين الزائد، التفريغ الزائد، ارتفاع الحرارة، نفاذية المياه



شكل (5) تمثيل المكونات الرئيسية بالسيارة الكهربائية

من المكونات الهامة بالسيارات الكهربائية وحدة التحكم في إلكترونيات الطاقة (Power management control) تعتبر هذه الوحدة عبارة عن دائرة مدمجة مع خوارزمية تراقب الجهد والتيار ودرجة حرارة وتضمن أداء وسلامة بعض المكونات فى السيارة.
يوضح شكل (6) تمثيل وحدة التحكم في إلكترونيات الطاقة وبعض مكونات السيارة الكهربائية.
ويتمثل دور محطة شحن التيار المتردد في توفير الطاقة بأمان من شبكة الكهرباء العامة إلى الشاحن الموجود داخل السيارة (on-board charger) من نوع الموصل (AC / DC) ويقوم شاحن السيارة بدوره بتحويل طاقة التيار المتردد AC إلى طاقة تيار مستمر DC لشحن حزمة بطاريات السيارة

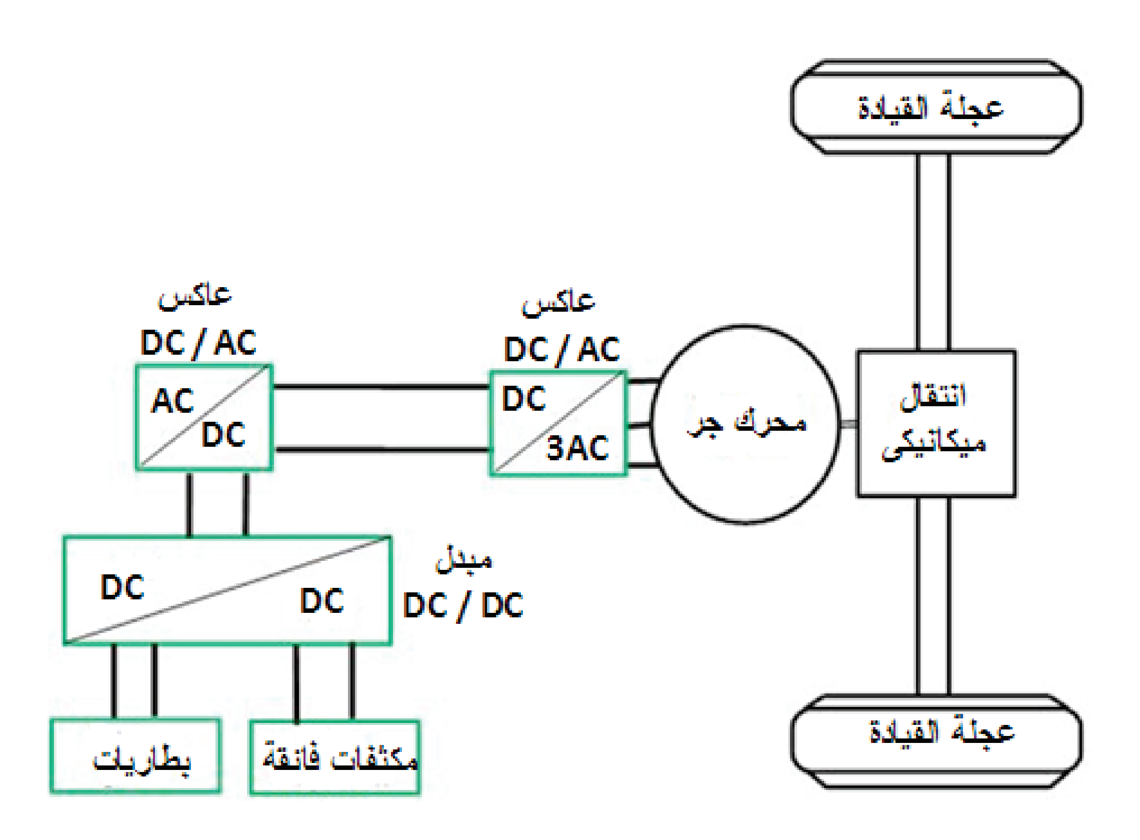


شكل (6) تمثيل وحدة التحكم فى الكترونيات الطاقة وبعض مكونات السيارة الكهربائية

عمل السيارة الكهربائية

تسير السيارة الكهربائية بمحرك يعمل بالطاقة الكهربائية بدلا من المحركات التقليدية التى تعمل بالبنزين أو الديزل. يحصل المحرك الكهربى على الطاقة من وحدة تحكم، وتحصل وحدة التحكم على الطاقة من مجموعة من بطاريات جهد عالى قابلة للشحن. ويتم استبدال مقياس الوقود العادى بمقياس قياس الجهد (الفولت). لقيادة السيارة يتم التشغيل بوضع المفتاح فى وضعية الاشغال والضغط على زر "تشغيل" وتعشيق ناقل الحركة والضغط على دواسة التسارع للإنطلاق

تشغل السيارة الكهربائية من خلال الطاقة الكهربائية المخزنة فى حزمة بطاريات الليثيوم وهى غالبا مرتفعة السعر مما يساهم فى رفع سعر السيارة مقارنة بالسيارات التقليدية وهى احد العوائق المسببة فى عدم سرعة انتشارها. كذلك يمكن ان تحتوى السيارة على مكثفات فائقة السعة (ultra capacitors or Gold cap or super capacitors) والتى تمتاز بان لها سعوية اكبر كثيرا من انواع المكثفات الاخرى (ولكن حدود جهد منخفضة) وتستخدم لتخزين الطاقة الكهربائية. يوضح شكل (7) تمثيل البطاريات والمكثفات الفائقة بالسيارة الكهربائية

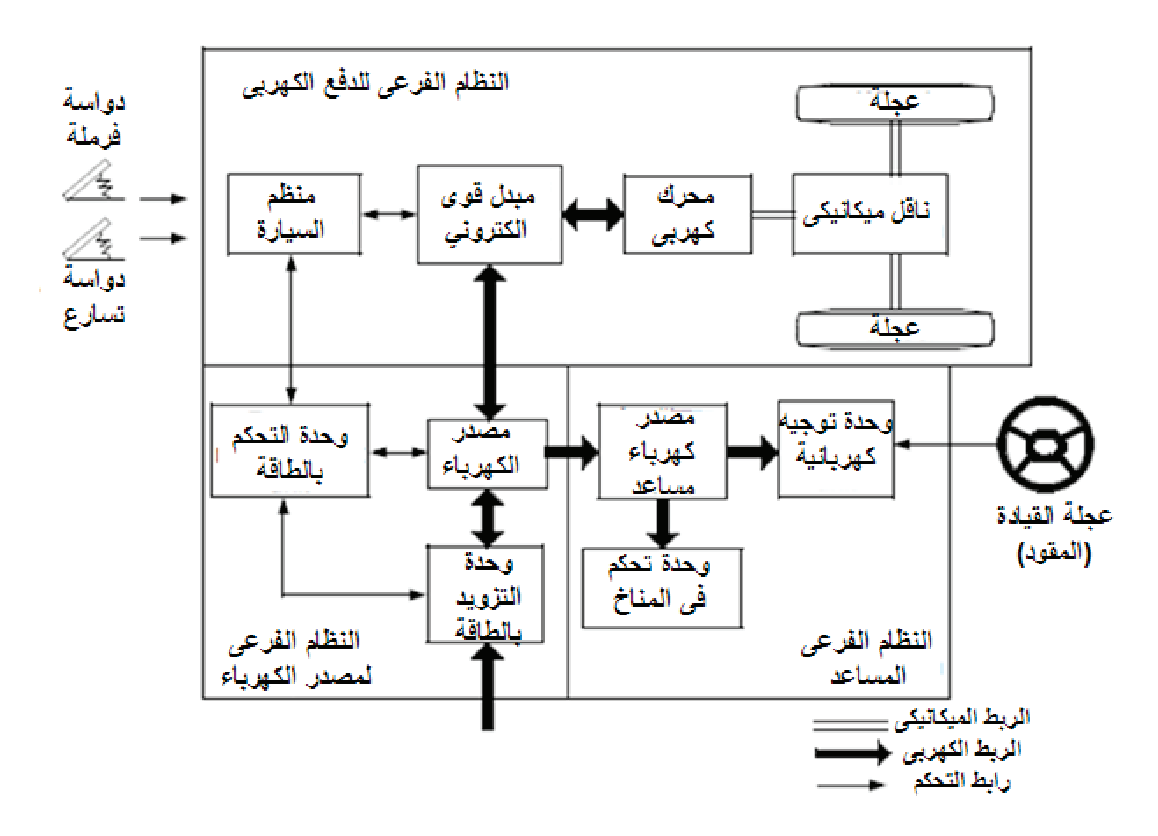


شكل (7) تمثيل البطاريات والمكثفات الفائقة بالسيارة الكهربائية

تحتوى السيارة الكهربائية على دواستين، أحدهما لتسارع السيارة والأخرى للفرملة، وعندما يدوس مستخدم السيارة على دواسة السرعة، فإنه يغير تردد التيار الكهربائي الخارج من العاكس، فتزداد سرعة المحرك، وعندما يرفع المستخدم قدمه من على دواسة السرعة وضغط دواسة الفرامل، فإن السيارة تبطئ من سرعتها بالفعل، وحينها يعمل المحرك الكهربائي كمولد للكهرباء، فيساعد على شحن البطارية، وهو الاستغلال الأمثل لخواص المحرك الحثي. أجزاء المحرك الكهربائي أقل من المحرك العادي لذلك فهو نادرا ما يحتاج إلى اعمال الصيانة. ويمتاز الجيل الجديد من السيارات ذات المحركات الكهربائية بانخفاض تكاليف الصيانة، وذلك لاستغنائها عن تغيير الزيت على سبيل المثال.

يوضح شكل (8) تسلسل نظام عمل السيارة، والذى ينقسم الى :

- النظام الفرعى لمصدر الكهرباء
- النظام الفرعى المساعد
- النظام الفرعى للدفع الكهربى



شكل (8) الرسم التوضيحى لتكوينات السيارة الكهربائية

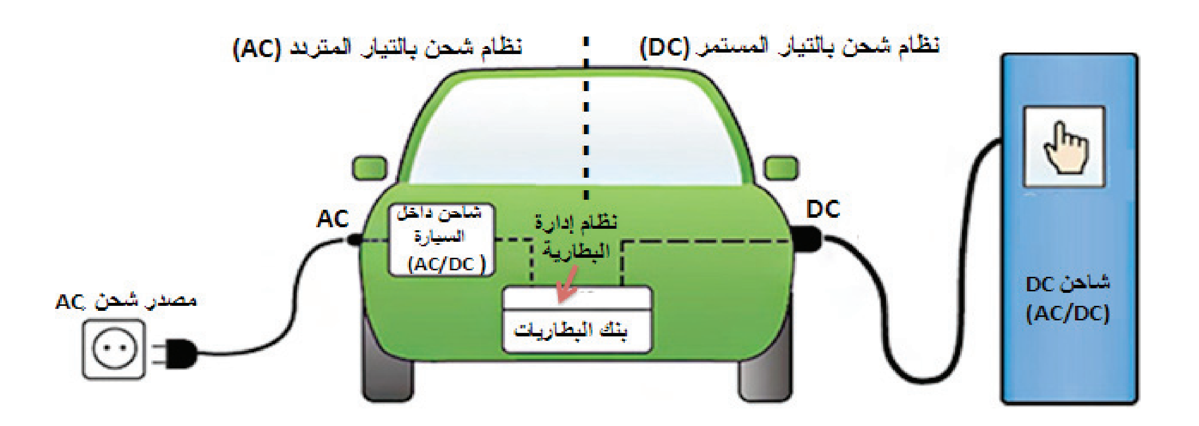
وعن أنظمة التبريد، تحتوى السيارة الكهربائية على شكلا مماثلا لتلك التي تعتمد عليه سيارات الاحتراق الداخلي، فدرجات الحرارة العالية التي تنتج عن السيارات الكهربائية تحتاج إلى دورة تبريد خاصة، عبارة عن قنواتٍ خاصة تحتوى على سائل لتخفيف درجة حرارة أجزاء المحرك، وهو في الغالب يكون مخلوطًا بمحلول لمنع التجمد.

ويعتمد عدد من الموديلات الكهربائية الحديثة على أنظمة تبريد مماثلة لموديلات الاحتراق الداخلي، وإن كانت الابحاث تتجه في العديد من السيارات الكهربائية الحديثة، إلى الاعتماد بشكل رئيسي على السائل المبرد، والذي يمكن أن يكون الحل الأمثل لإنقاص وزن السيارة، والاستغناء عن عدد من الأجزاء في خطوط دورة المياه التقليدية في سيارات الاحتراق الداخلي.

بمقارنة عدد محطات الشحن الكهربائية باخرى العادية نجدها قليلة وهى الاكثر انتشارا فى كل مكان، وعلى الرغم من أنه يمكن شحن السيارة من مصدر كهربائي ملحق بالمنزل أو المصنع أو الشركة ولكن عملية الشحن تستغرق عدة ساعات.

يزداد الإقبال حاليا على السيارات الكهربائية، لما تتميز به من جوانب اقتصادية والحفاظ على البيئة، وأكثر ما يشغل مَن يخطط لشراء هذه النوعية من السيارات هو مدى السير وكيفية الشحن ومدى توافر محطات الشحن الكهربى المختلفة تكلفة الشحن. حاليا توجد ميزة فى بعض محطات الشحن وهى انه من الممكن ان يتم استبدال البطارية الفارغة باخرى مشحونة وجاهزة للاستخدام. تصنف السيارات الكهربائية تبعا لنظام الشحن (كما فى شكل (9)) كالاتى :

- نظام شحنAC
وفيه السيارة تحتوى على شاحن داخلها (On-board charger)
- نظام شحن DC
وفيه السيارة لا تحتوى على شاحن داخلها (OFF - board charger)



شكل (9) تمثيل شاحن داخل سيارة وشاحن خارج سيارة

تختلف تسعيرة الشحن من بلد لآخر؛ ففي بعض الدول توفر بعض المتاجرالكبيرة وسلاسل السوبر ماركت إلى حد ما إمكانيات الشحن الكهربى بشكل مجاني في الجراجات الخاصة بها.

وقد تختلف التعريفة بحسب الطاقة الكهربائية، التى استهلاكتها السيارة، أو بحسب الوقت، الذي استغرقته السيارة أثناء الشحن، كما أن هناك من يعتمد على التسعيرات الثابتة.

وتختلف طريقة الدفع أيضا من مكان لآخر؛ ففي بعض البلدان يحتاج قائد السيارة إلى بطاقة ذكية في أغلب الأحيان، وقد أصبحت مثل هذه العمليات غير معقدة نسبيا مع تطبيقات الهواتف الذكية، التي تفتح نقطة الشحن عبر رمز الاستجابة السريع.

يبين جدول (4) مميزات وسلبيات السيارات الكهربائي

جدول (4) مميزات وسلبيات السيارات الكهربائية

المميزات	السلبيات
– صديقة للبيئة: لا ينبعث منها اى غازات كربونية، اى انخفاض مستويات الاحتباس الحرارى	– بنية تحتية محددة لمحطات الشحن: من أكبر العيوب عدم توافر محطات الشحن بشكل كافي، خاصة في المناطق الريفية وخارج المدن الرئيسية. . ما يعني كون الرحلات الطويلة تحديا كبيرا
– عدم وجود تلوث سمعي اقل في الصوت بكثير حيث ان الموتور الكهربي ليس له صوت يذكر ولا يوجد مراوح لتبريده وهي تصدر جزء كبير من صوت السيارات العادية	– مجال سير غير مضمون: كل سيارة كهربائية لديها مجال سير كهربائي صافي تحدده الشركة أثناء طرحها، ولكن من الصعب عادة تحقيق هذه الأرقام في الحياة الواقعية، لعوامل مختلفة للطقس وخلافه، والتي تلعب دورا كبيرا في تحديد مجال السير، حيث يؤدي الطقس البارد إلى خفض المجال الرسمي بما يقارب الـ 40% في بعض الأحيان.
– صيانة بسيطة: تعتمد السيارات الكهربائية على البطاريات، حيث لا تحتاج إلى محركات ميكانيكية للعمل، بجانب جميع المكونات التي تأتي عادة مع محركات الاحتراق الداخلي، ما يعني عدم وجود التكاليف العادية في السيارات التقليدية، مثل تغيير الصمامات والزيوت وصيانة المضخات وغيرها، تركز جميع جهود الصيانة على البطارية فقط	– مجال السير لا يزال محدودا: مثلا توجد سيارات تحظى بمجال سير 540 كيلومتر، وهى الأعلى في العالم، ورغم ذلك يظل هذا الرقم أصغرمن مجال سير سيارة بنزين عادية بمحرك أربع سلندرات وخزان ممتلئ بالوقود، حيث تقدر على السير بدون انقطاع لـ 600 كيلومتر بالمتوسط.
– توفير الطاقة: بطبيعة الحال، أهم ميزة لاستخدام السيارات الكهربائية هي رخص الشحن الكهربائي لها مقارنة بالبنزين والديزل (تكلفة الشحن أقل من تكلفة الوقود)	– غلاء الثمن: هى الأغلى بشكل ملحوظ مقارنة بالسيارات التقليدية، ما يجعلها خارج النطاق السعري المقبول للكثير من المستهلكين، وإن كان الرد التقليدي على ذلك أن السيارة تعوض الفارق السعري المرتفع في توفير مصاريف الوقود على مدار عمرها.
– مناسبة للمدن: بينما تتميز سيارات البنزين والديزل بأدائها الجيد في الطرق السريعة، إلا أن السيارات الكهربائية تتميز داخل المدن لسهولة تشغيلها ووقفها بشكل لحظي ومباشر مقارنة بالسيارات التقليدية (إمكانية الشحن أثناء توقفات الحركة المكانية)	– الكهرباء لِيست مجانية: يمكن أن تكون للسيارات الكهربائية متاعب ايضاً في فاتورة الكهرباء في بعض الأحيان، تتطلب السيارات الكهربائية شحنة كبيرة لكي تعمل بشكل صحيح الأمر الذي قد ينعكس سلبًا على فاتورة الكهرباء
– المكونات الداخلية عبارة عن دوائر كهربائية لذلك فأن اعطالها اقل من الاعطال الميكانيكية للسيارات العادية. – تعمل بطاقة رخيصة ونظيفة مقارنة بمحرك الاحتراق الداخلي.	– المدى القصير للقيادة والسرعة : محدودة من حيث المدى والسرعة، فمعظم هذه السيارات تتراوح بين 50 و100 ميل وتحتاج إلى إعادة شحنها مرة أخرى، ولكن لايمكن استخدامها في الرحلات الطويلة على الرغم من أنه من المتوقع أن تتحسن في المستقبل.
– استغلال رائع للكهرباء في العربية لان الموتور والتكييف فقط يعملان علي البطارية الاساسية والاضاءة وباقي الاستخدام يكون من خلال البطارية الصغيرة.	– زمن إعادة الشحن طويل : في حين يستغرق الأمر بضع دقائق لتزويد السيارة التى تعمل بالوقود بالطاقة، فإن السيارة الكهربائية تستغرق حوالي 6-4 ساعات حتي يتم شحنها بالكامل. لذلك، تحتاج إلى محطات طاقة مخصصة لأن الوقت المستغرق في إعادة شحنها طويل نسبيا
	– اقصي مسافة مقطوعة بالشحنة يقل بشكل تدريجي مع استهلاك البطارية فترة طويلة اكثر من 10 سنوات يبدء بالتناقص

يوضح جدول (5) أكثر دول من حيث حصة السوق من السيارات الكهربائية 2016
عموما لتخفيض انبعاثات ثانى أكسيد الكربون، الناتجة عن عملية حرق المواد البترولية بالسيارات، توجه العالم نحو السيارات الكهربائية، بهدف الحد من 60% من انبعاثات ثانى أكسيد الكربون بحلول عام 2050، وفى هذا الاتجاه اتاحت الكثير من الدول بنية تحتية للسيارات الكهربائية للمساهمة فى هذا التحول.

شهد النمو فى سوق السيارات الكهربائية ارتفاعًا بنسبة 50% بالمقارنة فقط بين عامين 2016 و2017، حيث ارتفع عدد السيارات الكهربائية فى العالم إلى 5 ملايين سيارة، ويأمل العالم فى الوصول 560 مليون بحلول عام 2040، وذلك بحسب شركة شاندير اليكتريك العاملة فى مجال شواحن السيارات الكهربائية

جدول (5) أكثر دول من حيث حصة السوق من السيارات الكهربائية

(Global - EV- out look -2019)

الدولة	حصة السوق من السيارات الكهربائية
النرويج	29.1 %
هولندا	6.4 %
ايزلندا	4.6 %
السويد	3.5 %
سويسرا	1.8 %
بلجيكا	1.8 %
النمسا	1.6 %
فرنسا	1.4 %
المملكة المتحدة	1.37 %
الصين	1.31 %

http://auto.ahram.org.eg/News/57129.aspx



الباب الثالث

السيارات الكهربائية الهجينة

HYBRID ELECTRIC VEHICLES (HEVs)


nrg
eVgo
nrg
ELECTRIC
VEHICLE
PARKING

الباب الثالث

السيارات الكهربائية الهجينة

HYBRID ELECTRIC VEHICLES (HEVS)

في الستينيات، أدخل كونجرس الولايات المتحدة تشريعات شجعت على زيادة استخدام السيارات الكهربائية في محاولة للحد من تلوث الهواء. بينما حأولت الحكومة الحصول على دعم للسيارات الهجينة، لم يكتسب الاتجاه العام اهتماما شديدا إلا بعد الحصار النفطي العربي عام 1973. حيث تسببت أزمة النفط هذه في ارتفاع سعر البنزين بينما انخفض العرض بشكل كبير. في تلك الأيام، كان ارتفاع أسعار الغاز وانخفاض الإمدادات مصدر قلق كبير

تشير كلمة هجين (Hybrid) بمشاركة عدد معين من العناصر لتشغيل عمليه واحده.

تجمع السيارة الهجينة بين مصدرين للقدرة (الطاقة). تشتمل التركيبات الممكنة على :

- ديزل / كهرباء (diesel / electric)
- وبنزين / حدافة (gasoline / fly wheel)
- وخلية وقود وبطارية (fuel cell / battery)

عادةً، يكون أحد مصدرى الطاقة هو التخزين، والآخر هو تحويل الوقود إلى طاقة. مزيج من اثنين من مصادر الطاقة قد تدعم اثنين من أنظمة الدفع منفصلة. وبالتالي، لتكون هجينة حقيقية، لذا يجب أن تحتوي السيارة على وضعين للدفع على الأقل.

على سبيل المثال، الشاحنة المستخدمة الديزل لتشغيل مولد، والتي بدورها تقود عدة محركات كهربائية للعجلات ذات الدفع الرباعي، ليست هجينة. ولكن إذا كانت الشاحنة لديها تخزين للطاقة الكهربائية لتوفير الوضع الثاني، للمساعدة بمصدركهربائي، فهي مركبة هجينة.

يمكن إقران هذين المصدرين للطاقة في سلسلة، مما يعني أن محرك الوقود يشحن بطاريات المحرك الكهربائي الذى يعمل على تشغيل السيارة، أو بشكل متوازٍ، مع كلتا الآليتين تقود السيارة مباشرة.

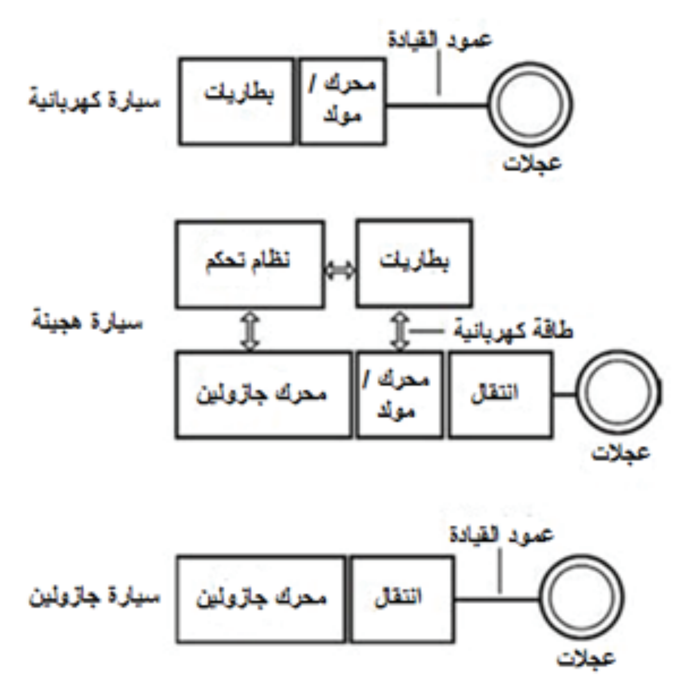
(تعريف : الحدافة، فى الالات والمعدات الدوارة، عجلة ثقيلة، يكون عزم القصور الذاتى لها كبيرا نسبيا نتيجة لتوزيع معظم مادتها فى محيطها. تعمل على انتظام سرعة الدوران بإعادة توزيع طاقة الحركة خلال لفة الدوران الواحدة (قاموس الهندسة الكهربائية – مكتبة بيروت)

تجمع السياره الهجينة بين مصدرين من مصادر الطاقه أو أكثر للحصول منها على قوة الدفع. من أكثر الأنواع شيوعا هى تلك التى تجمع بين البنزين (أو الغاز) والطاقه الكهربائية.

تتكون السيارة الهجينة من محرك بنزين ومحرك كهربي، هدف هذا التهجين هو محاولة الاستفادة من مميزات كلا النوعين.

تتميز هذه السياره بإحتواءها على أنظمة تغيير (فتح /غلق) الصمامات وبنظام بدايه / إيقاف (start/ stop) لإيقاف المحرك

يوضح شكل (1) تمثيل مكونات سيارة كهربائية هجينة من سيارة كهربائية وسيارة جازولين ويبين شكل (2) موضع مولد / محرك كهربى والحدافة بالسيارة



شكل (1) تمثيل مكونات سيارة كهربائية هجينة من سيارة كهربائية وسيارة جازولين



شكل (2) موضع مولد / محرك كهربى والحدافة بالسيارة

تتوافـر بالمركبـات المتحركة الكثير من الطاقـة الحركية التاتجة عند اسـتخدام (الكبـح) الفرامل لإبطـاء السـيارة، والتـى يجـب أن تذهـب (اى كل هـذه الطاقة الحركيـة) إلى مكـان ما، فى السـيارات ذات محـرك الاحـتراق الداخلـي، كـان عمـل الفرامـل كاحتكاك فقط، مـن أجل تباطـؤ السـيارة، وبالتـالى تتحول الطاقـة الحركية للسـيارة إلى حـرارة ضـائعة. حاليا يعمل الكبـح التجديدى (regenerative braking) على اسـتخدام محرك السـيارة الكهربائية كمولد (وهـو مـا يعـرف(Motor / Generator M/G) لتحويل الكثير من الطاقـة الحركية المفقودة عند التباطؤ مرة أخرى إلى طاقة مخزنة في بطارية السـيارة. ثم، في المرة التالية التي تتسـارع فيها السيارة، تسـتخدم الكثير من الطاقة المخزنة سابقًا من الكبح التجديدى بدلاً من الاستفادة من احتياطيات الطاقة الخاصة بها.

يوضح جدول (1) المكونات الاساسية للسياره الهجينة

تنتقـل القـوة الكهربائية من المحـرك إلى العجلات عن طريـق نظام إنتقال يتكـون من الأجهزة الموضـحه بجـدول (2). في أغلـب السـيارات تنتقل القـوة إلى العجلتين الخلفيتـين. وفي بعض السيارات تنتقل القوة إلى العجلتين الأماميتين

جدول (1) مكونات السياره الهجينة

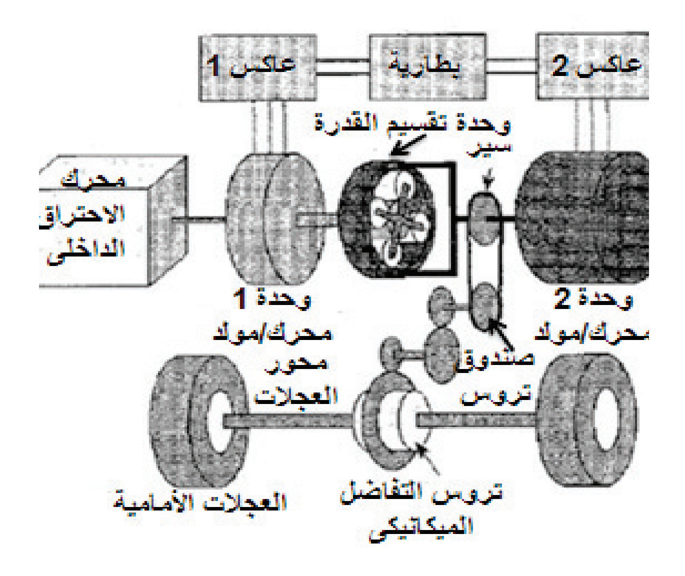
المكون	الوصف
محرك بنزين	يماثل المحركات بالسيارات العاديه ولكنه أصغر حجما ويمتاز بإستخدام تكنولوجيات عالية لتخفيض الإنبعاثات وإرتفاع الكفاءه
محرك كهرباء	محرك متطور جدا ومعقد إلى حد كبير، حيث تسمح الدوائر الإلكترونيه لأداء عمل المحرك والمولد في وقت واحد
المولد	وظيفته إنتاج الطاقه الكهربائية
مجموعه بطاريات	وحدات تخزين الطاقه الكهربائية، لتغذيه المحرك الكهربي
ناقل الحركه	يشغل المحرك ناقل الحركه والذي بدوره ينقل الحركه إلى العجلات
نظام الكبح	النّظام المسؤول عن التحكم في سرعة السّيارة وإيقافها عن الحركة عند الحاجة لذلك، ولهذا تعتبر صيانة هذا الجزء من السّيارة هو الأهمّ أثناء القيادة؛ فهو المسؤول الرئيسي عن الحفاظ على سلامة الرّكاب والناس الآخرين في الطّريق

جدول (2) أجهزة نظام نقل قوة المحرك إلى العجلات

الدبرياج	ترس لتوصيل وعزل المحرك عن باقي أجهزة نظام النقل
صندوق مجموعة التروس (gear box)	- مجموعة تروس لتغيير السرعه - عن طريق المقاسات المختلفه للتروس تحصل على أكبر عزم إلتواء لتبديل قوة المحرك
عمود الكردان	عن طريقه تنتقل القوة من أجهزة النقل إلى علبة التروس التخلفية للمحاور الخلفية على درجات زوايا مختلفه وأطوال مختلفة
وصلات شامله	تسمح بتحرك عمود الكردان إلى أي زاوية
مجموعة التروس التخلفية للمحاور الخلفية	تساعد على تنقل القوة إلى العجلات بصفة تخلفية أثناء الدوران أو السير في المناطق الوعرة
عمود المحور (العمود النصفي)	تنقل من خلاله القوة إلى طنبور الفرملة ومنه إلى العجلة

- طريقة عمل السيارة الهجينة

يوجد بالسيارة وحدتين 1، 2 (محرك/مولد) بالإضافة إلى محرك الاحتراق الداخلي، كما بشكل (3). ويمكن للسيارة أن تعمل عن طريق وحدة 2 أو تعمل عن طريق محرك الاحتراق الداخلي. كذلك يمكن أن تشترك وحدة 2 ومحرك الاحتراق في دفع السيارة عند الحاجة إلى قدرة كبيرة. ويتم إدارة وحدة 1 من خلال محرك الاحتراق لتوليد كهرباء، تشغل وحدة 2 أو تشحن البطارية. وتعمل الوحدة 1 عمل بادئ الحركة لبدء إدارة محرك الاحتراق الداخلي.



شكل (3) المكونات الرئيسية للسيارة الهجينة

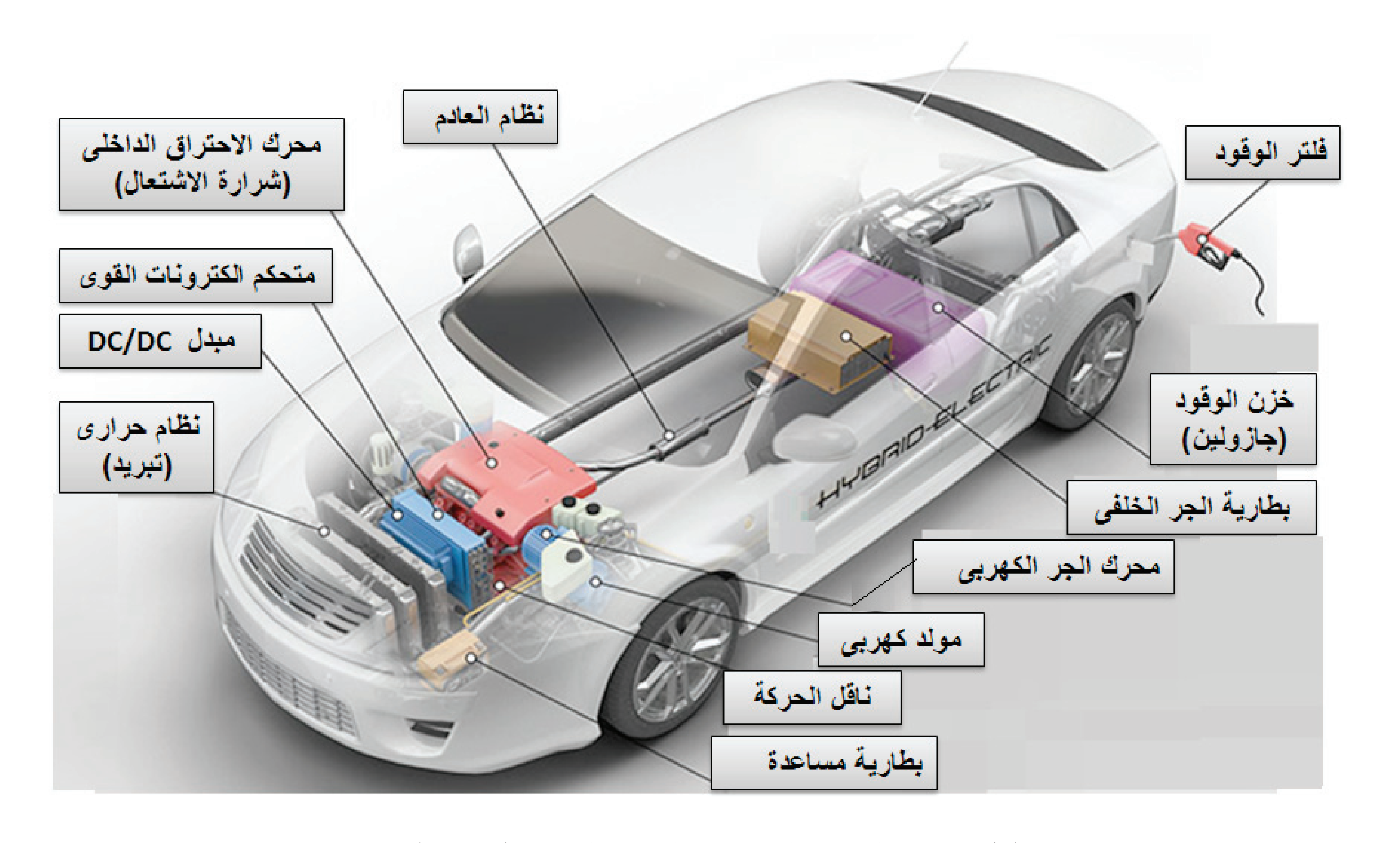
يوجد نوعين من السيارات الهجينة طبقا لوسيلة الشحن هما : العادية والاخرى بقابس مدخل، فيما يلى توضيح ذلك

1 – السيارة الكهربائية الهجينة العادية The Standard Hybrid Electric Vehicle (HEV)

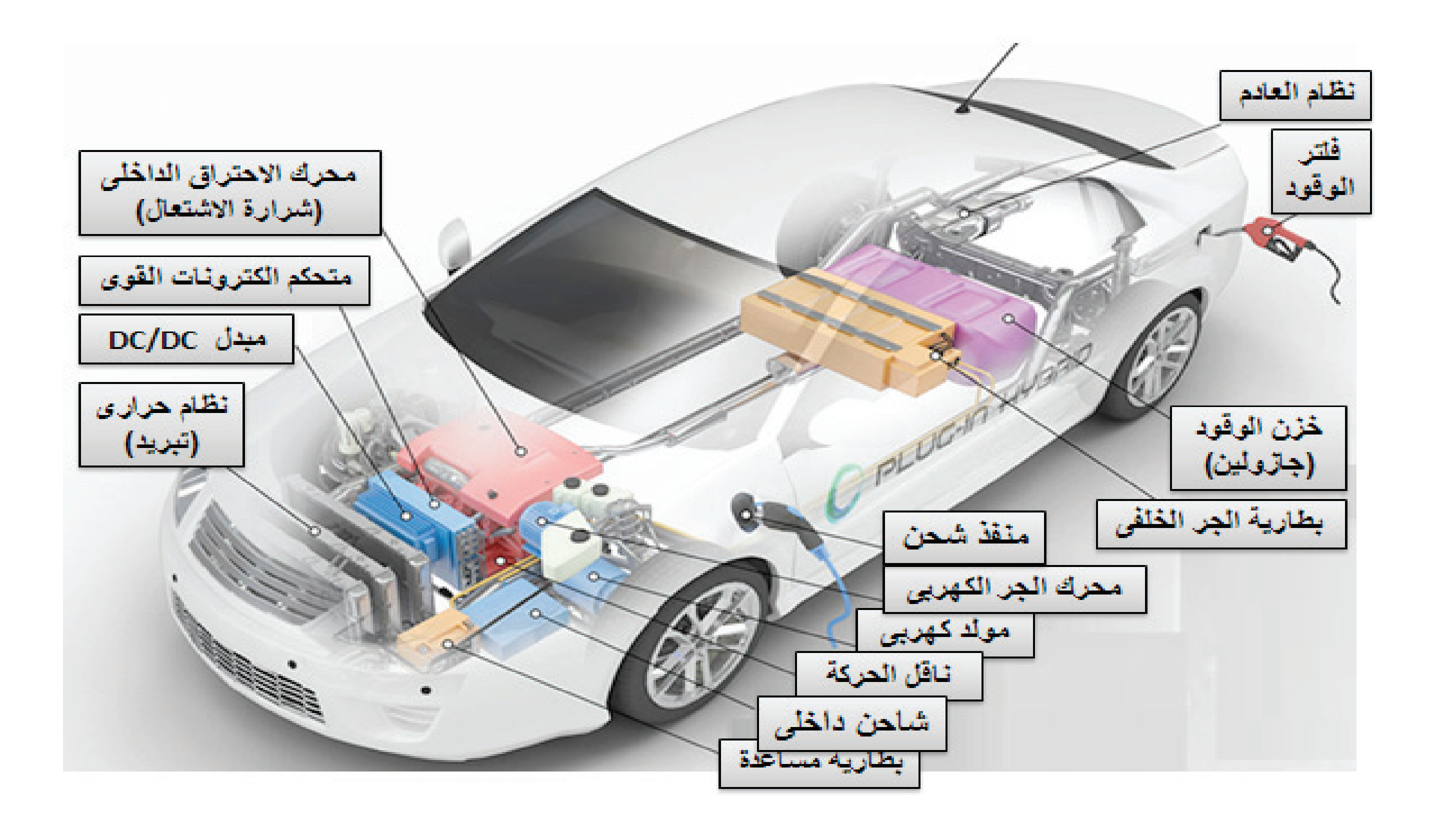
يوضح شكل (4) مكونات هذا النوع، وفيه محرك البنزين هو المصدر الرئيسي للطاقة، ويساعده المحرك الكهربائي. بسبب هذا التعزيز، يمكن أن يكون المحرك أصغر حجما وأكثر كفاءة ويتناسب مع احتياجات الطاقة المتوسطة بدلاً من احتياجات الطاقة القصوى التي نادراً ما تستخدم. . يتعامل الكمبيوتر الموجود على اللوحة مع التبديل لضمان الكفاءة المثلى. عندما تكون هناك حاجة إلى طاقة أقل – عند القيادة بسرعات منخفضة – سوف تغلق المحرك وتعتمد على المحرك الكهربائي وحده. يتم شحن البطارية باستخدام الطاقة من المحرك والكبح التجديدى، الذي "يستعيد" بعض الطاقة المفقودة عادةً في الفرامل. يعمل المحرك الكهربائي كمولد أثناء إبطاء السيارة وشحن البطارية. تشتمل ميزات التصميم الأخرى التي تعمل على تحسين عدد الكيلومترات من السيارة الهجينة على التصميم الديناميكي الهوائي وإطارات مقاومة منخفضة للدوران للحد من السحب والمواد خفيفة الوزن، مثل ألياف الكربون أو المغنيسيوم، لتقليل وزن السيارة. نتيجة لهذه الابتكارات، تتمتع السيارة الهجينة بحوالي ضعف الاقتصاد في استهلاك الوقود مقارنة بسيارة تعمل بالبنزين فقط بحجم مماثل.

2 – السيارة الكهربائية الهجينة بقابس مدخل The Plug-In Hybrid Electric Vehicle (PHEV)

يمكن اعتبار السيارة الكهربائية الهجينة التي تعمل بقابس مدخل الشكل (5) بمثابة عكس السيارة الهجينة القياسية : فبدلاً من أن يكون محرك البنزين هو مصدر الطاقة الرئيسي والمحرك الكهربائي يعمل لدعم المحرك حسب الحاجة، فإن المحرك هو المصدر الرئيسي للطاقة، مع محرك أصغر مساعد. إنه مصمم للسفر مسافات طويلة على الكهرباء وحدها ؛ يوفر المحرك طاقة إضافية لإعادة شحن البطارية وإعطاء زيادة إضافية عند الحاجة للتسارع. يمكن إعادة شحن البطارية من خلال الكبح التجديدى، باستخدام الطاقة من المحرك، أو عن طريق توصيله بمنفذ قياسي مخصص لإعادة الشحن ؛ يستغرق شحن البطارية من ثلاث إلى اثني عشر ساعة، اعتمادًا على طراز السيارة، حاليا امكن تقليل وقت الشحن بمقدار النصف أو أكثر. تحصل المكونات الهجينة على ضعف الاقتصاد في استهلاك الوقود المقابل للاستهلاك في السيارات الهجينة القياسية.



شكل (4) مكونات السيارة الكهربائية الهجينة العادية (القياسية)



شكل (5) مكونات السيارة الكهربائية الهجينة بقابس مدخل

أنواع السيارات الهجينة :

فيما يلى أنواع السيارات الهجينة :
هجين ضئيل (micro)، هجين متوسط (mild)، هجين متوازى أوتام (parallels or full)
و هجين توالى (series)،

(1) السيارات الهجينة الضئيلة

هذا النظام يحتوى على محرك كهربائي ولكن لا يقوم بدفع السيارة. ولكن يقوم بالتحكم في إدارة محرك الاحتراق الداخلي، وأعمال أخرى. هذا النظام يوفر من 5 إلى 15% من استهلاك الوقود.

(2) السيارات الهجينة المتوسطة

في هذا النظام تتحرك السيارة عن طريق محرك الاحتراق الداخلي، ويقوم المحرك الكهربائي بمساندة محرك الاحتراق عند الحاجة إلى قدرة إضافية.

(3) السيارات الهجينة ذات النظام التوالى (Series Hybrids)

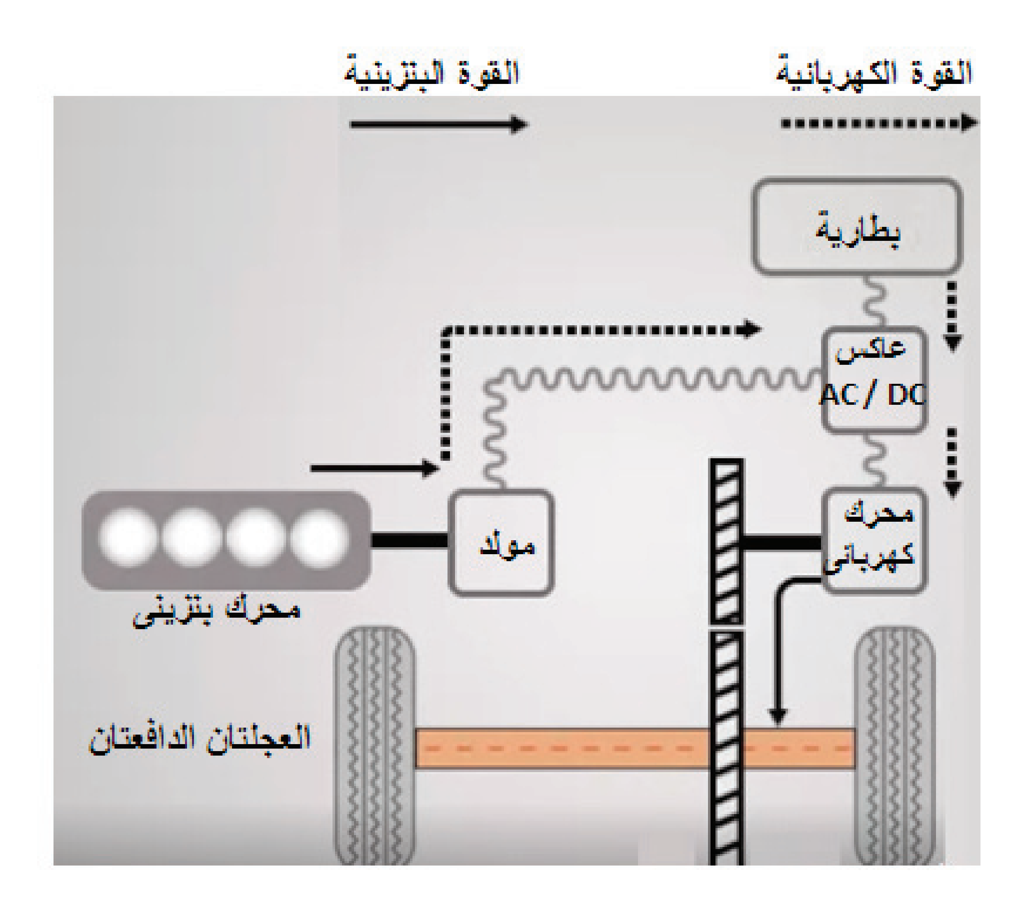
تعدّ هذه السيارة من أقدم انواع السيارات الهجينة، حيث يكون محرك الاحتراق الداخلي مرتبطاً بشكل مباشر مع مولد كهربائي يقوم بتوصيل الكهرباء إلى شاحن خاص

هى سيارة كهربائية يساندها محرك احتراق داخلي صغير (محرك بنزينى). وفي هذا النظام يقوم المحرك الكهربائي فقط بدفع السيارة. بينما يقوم محرك الاحتراق بإدارة مولد كهربائي فقط ولا يشارك في دفع السيارة. الطاقة الكهربائية المنتجة من المولد الكهربائي تخزن في البطارية أو تمد المحرك بالكهرباء.

فى بعض السيارات الكهربائية يحصل المحرك الكهربائي للسيارةعلى الطاقة عن طريق البطارية فقط، وعند وصول حالة شحن البطارية لدرجة معينة من مستوى متدني ، فإن محرك الاحتراق يعمل ويقوم بشحن البطارية، ولا يقوم بإمداد المحرك بالكهرباء.

يوضح شكل (6) طريقة عمل السيارات الهجينة ذات النظام التوالى

ويبين جدول (3) مميزات وسلبيات السيارات الهجينة ذات النظام التوالى



شكل (6) طريقة عمل السيارات الهجينة ذات النظام التوالى

جدول (3) مميزات وسلبيات السيارات الهجينة ذات النظام التوالى

مميزات	سلبيات
– لأنّ محرك الاحتراق الداخلي لا يتصل بشكل مباشر مع العجلات؛ فأنّه يمكن الاستفادة منه بفعالية أكبر وتقليل صرف الوقود. – يغني عن استخدام علب السرعة. – لأنّ العجلات تأخذ طاقتها بشكل مباشر من المحركات الكهربائية ومع كونها أكثر مردوداً من محركات الاحتراق الداخلي فإنّ النظام يعتبر موفراً للطاقة. – يتيح النظام إيقاف تشغيل المحرك والقيادة باستخدام الطاقة المخزنة في البطارية	– لا يتيح النظام استخدام محرك الاحتراق الداخلي لنقل الحركة للعجلات بشكل مباشر. – زيادة وزن السيارة بشكل ملحوظ. – كثرة الأجهزة الموجودة بين محرك الاحتراق الداخلي والمحرك الكهربائي قد تسبب بعض الضياع في الطاقة

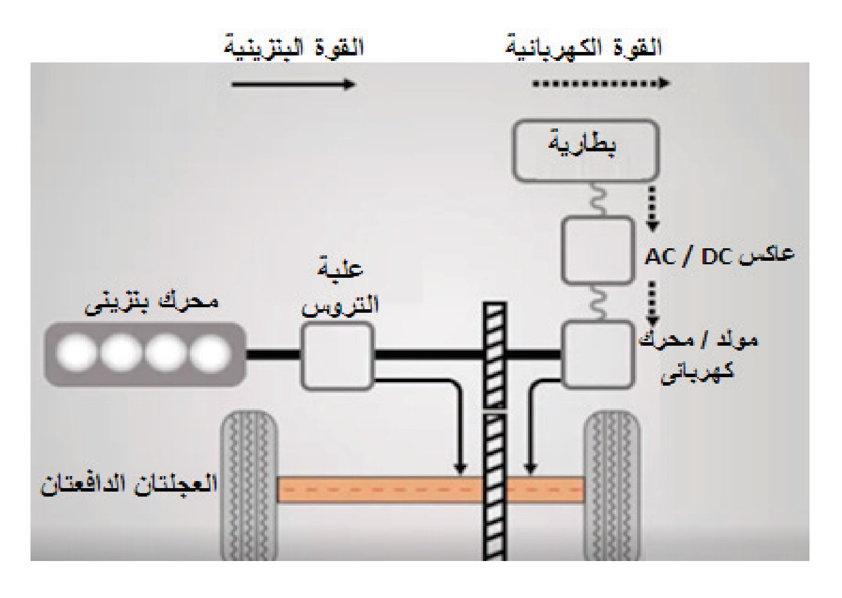
(4) السيارات الهجينة ذات نظام التوازى (Parallel Hybrids)

إنّ هذا النظام هو الأكثر انتشاراً في الوقت الحالي، تستخدمه أغلب الشركات في سياراتها الجديدة نظراً لكونه أكثر فعالية من النظام التسلسلي وأرخص ثمناً.

هذه السيارة يمكن أن تدور عن طريق المحرك الكهربائى أو محرك الاحتراق أو الاثنين معاً. وهي تختلف عن التهجين الضئيل أو المتوسط. وهذه الإمكانية تتيح أن تبدأ حركة السيارة بواسطة المحرك الكهربائي فقط، ثم في السرعات المتوسطة تعمل السيارة بواسطة محرك الاحتراق. وعند الحاجة لقدرة أعلى في حالة الحاجة للتسارع أو صعود مطلع، فإن المحرك الكهربائي ومحرك الاحتراق يعملا معا على نفس المحور لدفع السيارة. وسمى هذا النوع بالمتوازي حيث يقوم محرك الاحتراق والمحرك الكهربائي بالعمل على التوازي لتوفير جهد الجر للسيارة.

يوضح شكل (7) طريقة عمل السيارات الهجينة ذات نظام التوازى
ويوضح جدول (4) مميزات وسلبيات السيارات الهجينة ذات نظام التوازى

ويبين جدول (5) مقارنة بين توصيل مصدري الطاقه بالسيارة الهجينة فى حالتى نظام التوازى ونظام التوالى



شكل (7) طريقة عمل السيارات الهجينة ذات نظام التوازى

جدول (4) مميزات وسلبيات السيارات الهجينة ذات نظام التوازى

مميزات	سلبيات
– لأنّ توصيل محرك الاحتراق الداخلي بالعجلات مباشر فأنه يقلل من ضياع الطاقة	– محركات الاحتراق الداخلي ليست عملية في كافة السرعات.
– استخدام محرك الاحتراق الداخلي يوفر المزيد من القدرة لتحريك السيارة	– يتطلب استخدام علبة سرعة على عكس النوع التسلسلي.
– لأنّ عدد المكونات في النظام أقل فالسيارات تكون أخف وزنا.	– نظراً لاتصال مصدرين مختلفين للطاقة بعلبة السرعة فعلية يتم استخدام آليات معقدة للتوصيل منعاً لإعاقة أحدهما للآخر.

جدول (5) مقارنة بين توصيل مصدري الطاقه بالسيارة الهجينة فى حالتى نظام التوازى ونظام التوالى

توصيل نظام التوازي	توصيل نظام التوالي
- يزود خزان الوقود محرك البنزين - تزود البطاريات المحرك الكهربي بالطاقه الكهربائية - يمكن لأي من المحركين تشغيل ناقل الحركه في نفس الوقت	- يشغل محرك البنزين المولد والذي بدوره يشحن البطاريات ، - يزود المحرك الكهربى بالطاقه الكهربائية - يدير المحرك الكهربى ناقل الحركه. (لا يؤدي محرك البنزين أي عمل في تزويد السياره بالطاقه)

(5) السيارات الهجينة ذات النظام المختلط

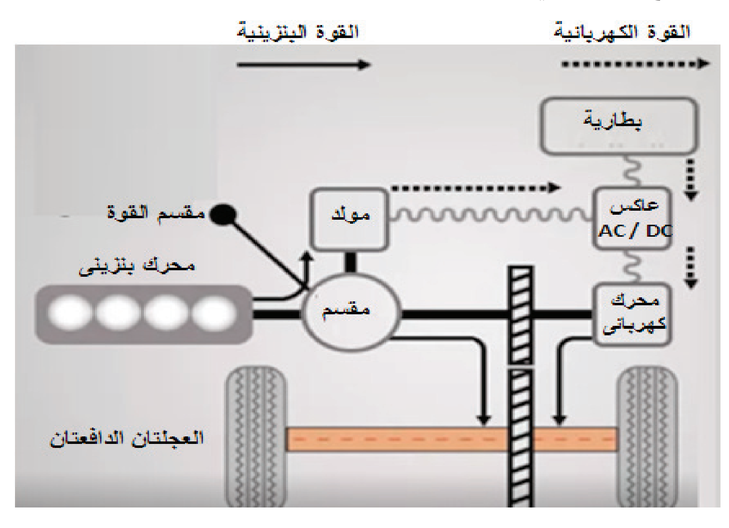
هذه السيارات تستخدم نظاماً يجمع بين النظامين التوالى والتوازى، إذ أنّ المحرك يتصل بشكل مباشر مع العجلات عبر علبة سرعة من جهة، ومن جهة أخرى يتصل مع مولد كهربائي يقوم بشحن البطارية أو يقدم الكهرباء بشكل مباشر للمحرك الكهربائي الذي يتصل أيضاً بعلبة السرعة.

في هذا النوع يوجد كمبيوتر خاص يقوم باستشعار ظروف القيادة وحالة البطارية لاختيار وضع القيادة الأكثر ملاءمة للحصول على التوفير الأكبر. فعندما تكون البطارية مشحونة والطريق لا يتطلب الكثير من القدرة يقوم الكمبيوتر بإيقاف تشغيل محرك الاحتراق الداخلي والقيادة باستخدام الطاقة الكهربائية فقط.

أما عندما تحتاج السيارة للمزيد من العزم أو تنخفض نسبة الشحن في البطارية فإنّ الكمبيوتر يقوم بتشغيل محرك الاحتراق الداخلي بشكل تلقائي.

يوضح شكل (8) طريقة عمل السيارات الهجينة ذات نظام المختلط

تكون مهمة وحدة مقسّم القوة (أو القدرة) (power split device)، الواقعة بعد المحرك البنزيني مباشرة، فصل القوة الميكانيكية الدوّارة الى مسارَين مختلفين، وبنسب متبادلة بإستمرار. المسار الأول هو التقليدي الذي ينقل حركة الدوران الواصلة من المحرك البنزيني، الِى عجلتَي الدفع الأماميتين، بينما يتولى المسار الثاني نقل القسم المتبقي من حركة الدوران الناشئة إذاً عن المحرك البنزيني، الى المولّد الكهربائي الذي سيحوّلها الى طاقة كهربائية موجهة، إما الى المحرك الكهربائي الدافع للمساهمة في دفع العجلتين، أو الى البطارية لشحنها. لكن قبل إنتقال قوةِ المسار الثاني، من المولّد الكهربائي الى البطارية أو الى محرك الدفع الكهربائي، يجب أن تمر أولاً في وحدة التحكم بالقدرة (power control unit) الواقعة وظيفياً بعد المولد مباشرة. وفي تلك الوحدة يقع عاكس AC/DC بين المولّد الكهربائي ومحرك الدفع الكهربائي والبطارية.



شكل (8) طريقة عمل السيارات الهجينة ذات نظام المختلط

تصنيف السيارات الهجينة حسب القدرة

تقسم السيارات الهجينة في هذا التصنيف حسب قدرة المحركات الكهربائية المستخدمة فيها ونوع البطاريات الموجودة، حيث تقوم بعض الشركات بتخفيض هذه القدرة لتخفيض التكاليف والسعر، والتى تصنف إلى:

1. سيارات هجينة مصغرة(Mini (Micro) Hybrids)

تحتوى هذه السيارات على بطاريات صغيرة لتقليل التكلفة، يقتصر دورها على دعم محرك الاحتراق الداخلي فقط حيث لا تسمح سعة البطارية والمحركات الكهربائية بفصل محرك الاحتراق الداخلي.

2. السيارات الهجينة المتوسطة (Mild Hybrids)

تكون المعدات الكهربائية في هذا النوع أكبر حجماً وتستخدم بشكل أساسي في السيارات ذات نظام التوازى، لكنها أيضاً لا توفر إمكانية القيادة في الوضع الكهربائي بشكل كامل.

بل يمكنك استخدام هذا الوضع لمسافات قصيرة، ويكون ثمن هذه السيارات متوسطاً.

3. السيارات الهجينة القوية(Strong Hybrids)

يمكن أن تكون هذه السيارات من السيارات ذات النظام التوالى أو التوازى أو المختلط، ، يسمح هذا النوع من القيادة باستخدام الوضع الكهربائي وفصل محرك الاحتراق الداخلي بشكل كامل ولمسافات أكبر.

كما تدعم إمكانية الفصل الآلي لمحرك الاحتراق الداخلي عند التوقف لتوفير الوقود عند القيادة في المدن.

بطاريات السيارات الهجينة

تتميز البطاريات المستخدمة في السيارات الهجينة بالآتي :

- ذات كثافة عالية للطاقه تمكنها من قطع مسافات طويله
- يمكنها إنتاج قدرة عالية أو تخزين طاقه كهربائية كبيره خلال وقت قصير
- تتحمل عدد كبير من مرات الشحن والتفريغ

من أنواع البطاريات المستخدمة :

- بطاريات نيكل كادميوم- معدن (NiCad)
- بطاريات ليثيوم أيون (Lithium ion)

اغلب السيارات الهجينة تقريبًا تعمل باستخدام حزمة بطاريات من النيكل كادميوم (NiCad) لتخزين الطاقة لمحركها الكهربائي. على الرغم من أنها تقنية ممتازة ومتينة، إلا أن الشحن لا يتم بسرعة مثل أنواع البطاريات الأخرى، كذلك فان النيكل ثقيل للغاية. حاليا تم الاتجاه لاستخدام حزم البطاريات منخفضة الوزن التي تستخدم التركيب النانوي لزيادة الكفاءة، وكذلك إمكانية التبديل الشامل إلى بطاريات من نوع الليثيوم أيون. هناك الكثير من فوائد تقنية الليثيوم أيون، مثل الوزن الخفيف وزمن الشحن الأسرع. وفى المستقبل القريب، هناك احتمال أن تصبح حزم بطاريات الليثيوم أيون نانو المحسّنة متوفرة بالإضافة إلى تحول آخر بعيدًا عن البطاريات تمامًا إلى تكنولوجيا أحدث تسمى المكثفات عالية التفريغ. عموما تعمل مصانع السيارات على تخفيف حجم ووزن البطاريات والتى تمثل قدرا كبير من حمولة السيارة

التحكم في السيارة الهجينة

يستخدم المعالج الدقيق الإلكتروني في :

- التحكم في الكبح المنتظم
- تنظيم تنقية العادم من الغازات الضارة

تصنف الإلكترونيات المستخدمة في السيارة الهجينة إلى :-

- إلكترونيات القدرة
- إلكترونيات التحكم

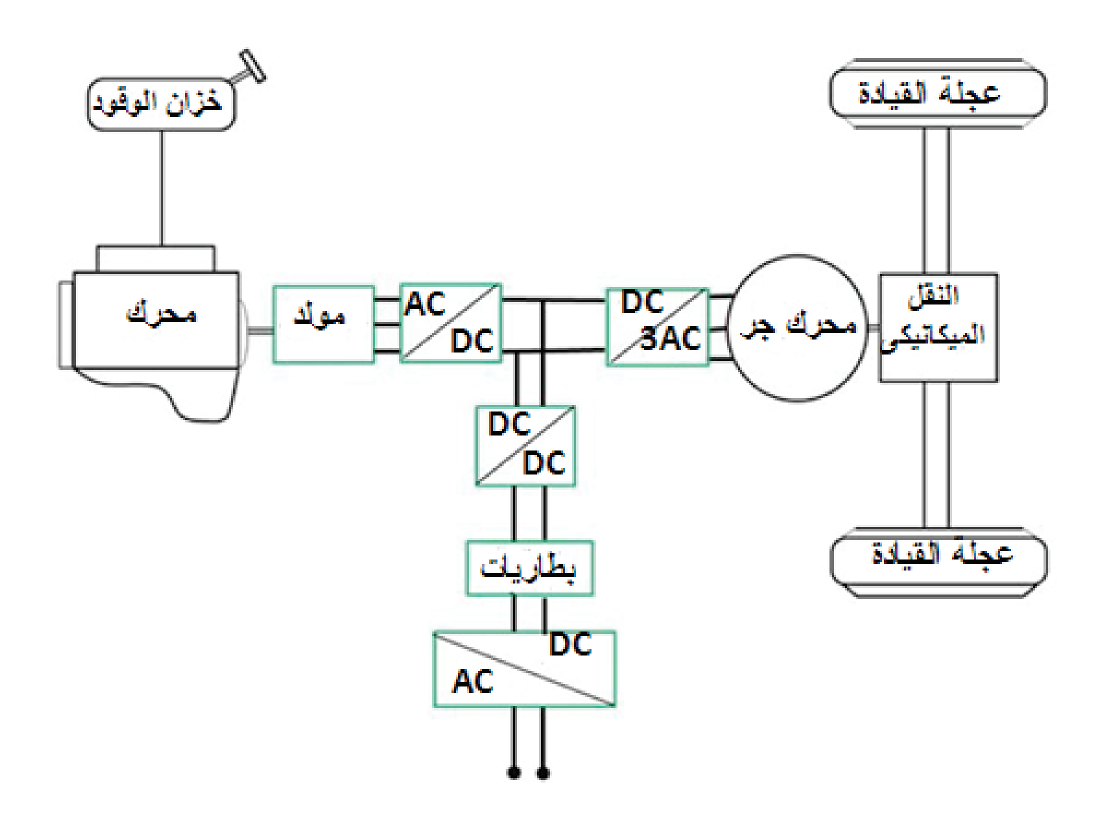
يوضح جدول (6) خصائص نوعي الإلكترونيات المستخدمة في السيارات الهجينة، عموما يعتمد المعالج الدقيق الإلكتروني على برمجه الحاسب الآلي.

يوضح شكل (9) الكترونيات القدرة والكترونيات التحكم

ويبين جدول (7) مميزات وعيوب السيارات الهجينة

جدول(6) خصائص الإلكترونيات المستخدمة في السيارة الهجينة

إلكترونيات القدرة	إلكترونيات التحكم
- تقوم بتنظيم توزيع التيارات الكهربائية العالية. - تقوم بتنظيم الجهد الكهربائي بكفاءة عالية ووزن وسعر مناسبين. - تتكون من محول كهربي يقوم بتحويل التيار المستمر المورد من مجموعة البطاريات إلى تيار متردد لتشغيل المحرك الكهربى	- تقوم بتنظيم العمل المتبادل بين محرك الإحتراق الداخلي والمحرك الكهربى والمولد الكهربى والبطاريات - وأن يعمل محرك الإحتراق الداخلي في نطاق قدرة مناسبه أثناء سير السيارة، لنقل التشغيل من جزء من حركة محرك الإحتراق الداخلي إلى المحرك الكهربي - تنظيم إستخدام جزء من حركة محرك البنزين لإنتاج تيار كهربي لشحن البطارية



شكل (9) الكترونيات القدرة والكترونيات التحكم

جدول (7) مميزات وسلبيات السيارات الهجينة

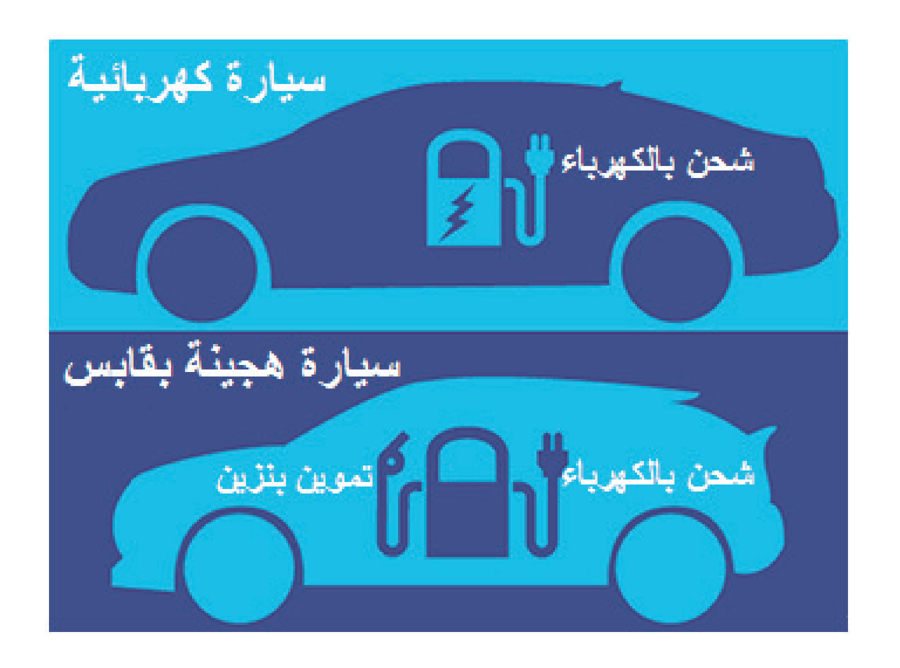
المميزات	السلبيات
– توفير فى الوقود يصل الى 50% مقارنة بالسيارات العادية	– ارتفاع سعر قطع الغيار ، وعدم توفرها بسهولة.
– تقليل ملوثات البيئة (نظرا لتقليل انبعاث الغازات)	– نفاذ شحن البطارية بسرعة كبيرة وخاصة أثناء السير على المرتفعات.
– انخفاض الضوضاء والشوشرة مقارنة بالسيارات العادية	– عزل الصوت الخارجي قليل
– حجم محرك اصغر ، مع الحفاظ على نفس نتائج المحرك الاكبر فى السيارة العادية	– بعض الانواع غير مناسبة للمسافات الطويلة
– وزن المحرك اقل من المحرك التقليدى	– معظم السيارات الهجينة صغيرة الحجم وبالتالي فهي تفتقد لميزة الصف الثالث داخل كابينة السيارة
– كفاءة جيدة لعمل المحرك.	– ترتبط أسعار السيارات الهجينة بشكل وثيق مع أسعار الوقود، فكلما ارتفع سعر الوقود زاد سعر السيارات الهجينة حيث يزيد الطلب على كلاهما
– تحسين أداء آلية الكبح. حيث يساعد المحرك الكهربائي في سرعة كبح السيارة، بتقليل سرعة الحركة بطريقة سريعة وعملية	– ثقل الوزن ، حيث يستهلك جزءا كبيرا من حمولة السيارة ببطارية كبيرة الحجم وثقيلة الوزن
– إمكانية استعادة الطاقة وتخزينها بشكل مستمر	– لان السيارات الهجين تخزن كمية عالية من الكهرباء في البطاريات، لذا ففي حال وقوع حوادث لا قدر الله فان هذا يعني أن هناك فرصة كبيرة للصعق بالكهرباء. وعندئذ يمكن ان يصعب نسبيا لرجال الإنقاذ الوصول الى ركاب السيارات أو السائق بسبب مخاطر الضغط العالي في السيارة
– انخفاض مقاومة الهواء عند السير على الطرق السريعة	
– ثبات حركة السيارة على الطريق نظرا لانخفاض الاضطرابات الميكانيكية	
– العمل فى جميع الظروف الجوية	
– انخفاض أعطال المحرك	
– تحمل أعلى للمحرك	
– متانة قطع وأجزاء السيارة، حيث تبقى قيمة السيارة الهجينة المستعملة على نفس القيمة أو أقل قليلا من الجديدة	
– لا تستهلك كميات كبيرة من الوقود وبالتالي تعطي عائداً متميزاً على الاستثمار	

« السيارة الكهربائية » أم « السيارة الهجينة » ؟

مع ان السـيارات الهجينة أقل اسـتهلاكا للبنزين / الديزل بشـكل كبير من مثيلاتهـا التقليدية من ناحية، وتوافرها بأسعار منطقية غير مرتفعة بل مقتربة من أسعار السيارات التقليدية، فالمستقبل القريب سيشـهد ازديادًا في الطلب على هذه السـيارات خصوصًـا من الطبقات الوسـطى كونها سـيارات غير فارهة لكن متطورة، وعند النظر على المدى البعيد فالوضـع يختلف كثيرا، فعلى الرغم من أن السيارات الهجينة تزداد انتشارا على حساب السيارات التقليدية، فمنافسها المستقبلي سيكون السيارات الكهربائية التي تتفوق عليها في مجال استهلاك الوقود (كونها لا تحتاجه أصلاً) والتقنيات الحديثة، لكنها تعاني من مشكلة ارتفاع الثمن حتى الآن.

مع أن السيارات الكهربائية قد تحتاج لبضع سنوات قبل أن تصبح متاحة للعامة على نطاق واسع بتخفيض أسـعارها لتقارب أسعار سيارات محركات الاحتراق الداخلي، لكن بحلول ذلك الوقت فالسـيارات الهجينة لن تكون قادرة على منافسـتها في الواقع، فحتى مع انخفاض أسـعار الوقود (والذي سـيكون نتيجة أكيدة لنقص الطلب عليه) فالسـيارات الكهربائية بالكامل ستبقى أقل تكلفة من حيث التشغيل والاستخدام.

وبشـكل عام، تعتبر السيارات الهجينة خيارا أفضل نسـبةً للتكنولوجيا والأسعار الحالية، وتوّفر القدرة على الاختيار ما بين القيادة من خلال البطاريات أو الوقود مرونة أكثر للسائق.


سيارة كهربائية
شحن بالكهرباء
سيارة هجينة بقابس
شحن بالكهرباء
تموين بنزين



الباب الرابع

مكونات تحويل الطاقة للسيارات الكهربائية

POWER CONVERSION COMPONENTS FOR EMOBILITY



الباب الرابع

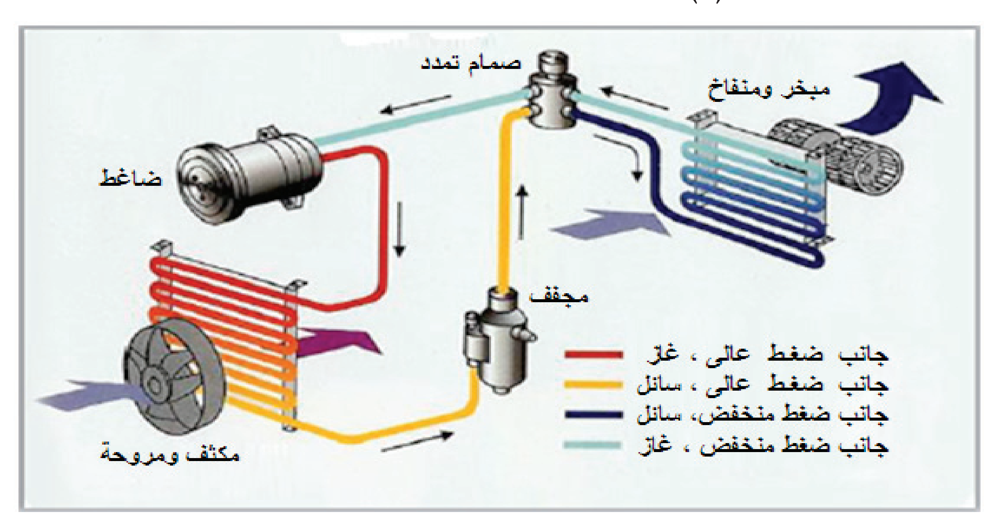
مكونات تحويل الطاقة للسيارات الكهربائية

POWER CONVERSION COMPONENTS FOR EMOBILITY

تحتوى السيارات الكهربائية (EVs) على نظام تحويل الطاقة الكهربائية وهو عبارة عن مجموعة اجهزة الكترونية هى: مبدل (Converter) وعاكس (Inverter) ووحدة تحكم (منظم) (Controller) مدمجين في وحدة واحدة، كل منهم يؤدي وظائف مختلفة، يوضح شكل (1) مثال لتمثيل المكونات الرئيسية بالسيارة الكهربائية. تنتج هذه الإلكترونيات الكثير من الحرارة ولذا لها نظام تبريد مخصص لها منفصل عن المحرك والذي يتضمن على مضخة ومبرد، كما فى شكل (2).



شكل (1) تمثيل المكونات الرئيسية بالسيارة الكهربائية



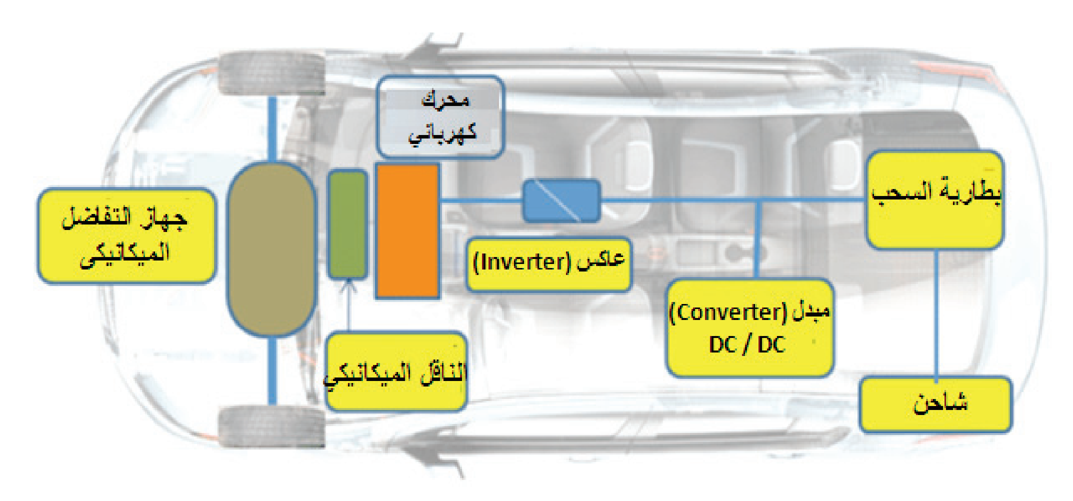
شكل (2) مثال نظام تبريد مخصص
(Ref. http://www.electric-motors-price.info/vehicle-air-conditioning)

سيتم في هذا الباب استعراض توضيحى لجميع المكونات الاتية :

- جهاز التفاضل الميكانيكى
- وحدات التحكم (المنظمات)
  (أ) وحدة تحكم بالتيار المستمر (DC)
  (ب) وحدة تحكم بالتيار المتردد (AC)
- المحركات
  (1) المحرك الحثى (AC)
  (2) محرك كهربائي / مولد
- المولدات
  (أ) مولد كهربي تيار مستمر
  (ب) مولد تيار متغير تزامني (ثلاثي الأوجه)
  (ج) مولد المغناطيس الدائم
  (د) مولد العضو الدوار ذو الملفات
- العاكسات
- المبدلات

أولا : جهاز التفاضل الميكانيكى (Mechanical differential)

هو جهاز ميكانيكي يتكون من عدة تروس . يتم استخدامه في جميع المركبات الرباعية الآلية تقريبا . يتم استخدامه لنقل الطاقة من عمود الإدارة إلى عجلات القيادة . وتتمثل مهمتها الرئيسية في السماح لعجلات القيادة بالتدوير في دورة في الدقيقة مختلفة مما يتيح للعجلات الالتفاف حول الزوايا مع استمرار تلقي الطاقة من المحرك . يوضح شكل (3) تمثيل موضع جهاز التفاضل الميكانيكى بالسيارة الكهربائية



شكل (3) تمثيل موضع جهاز التفاضل الميكانيكى بالسيارة الكهربائية

ثانيا : وحدات التحكم (المنظمات) (Controllers)

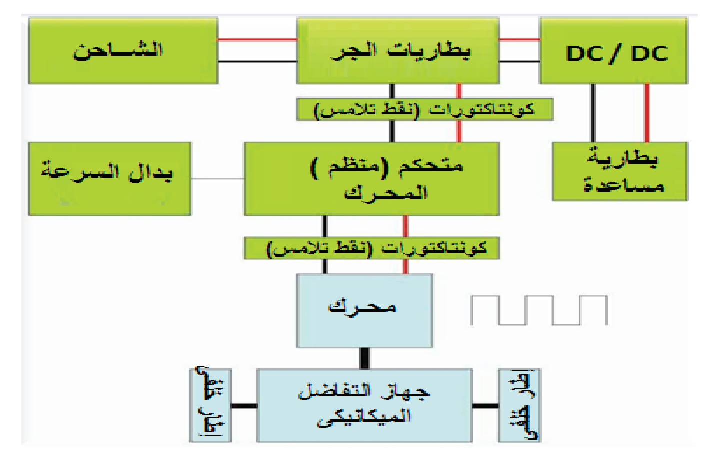
يمكن تمثيل وحدة التحكم بانها عقل السيارة، حيث تدير جميع المكونات الاضافية للمركبة الكهربائية. فمثلا يتم التحكم في معدل الشحن باستخدام معلومات من البطارية. كما أنها تترجم عملية الضغط على معجل السرعة (pedal) لضبط السرعة في عاكس المحرك.

لذا تعد أنظمة التحكم جزءًا حيويًا فى جميع السيارات وتكون أكثر تعقيدًا في المركبات الكهربائية، حيث انها تراقب وتتحكم بشكل مناسب فى المكونات الإضافية والتى تشتمل على : بطاريات الجهد العالى والمحركات والعاكسات والمبدلات والمضخات والفرامل المتجددة (Regenerative braking) وملحقات إخرى. يجب التحكم في هذه المكونات للتشغيل الصحيح والفعال.

يتم تنفيذ اجراءات التحكم في هذه المكونات من خلال وحدات مخصصة تتواصل مع بعضها البعض لتحديد إجراء التحكم الصحيح للمكونات. مثلا عند التحكم في الوقود بمركبة غير كهربائية اى عندما تضغط قدم السائق على دواسة البنزين عندئذ يتلقى كمبيوتر المحرك، المعروف باسم وحدة التحكم في توليد القوة (powertrain control module) (PCM)، مدخلات من المستشعرات ويزيد من كمية الوقود المحقون، بينما في المركبات الكهربائية يصبح هذا أكثر تعقيدًا. على سبيل المثال، في سيارة هجينة عندما تضغط قدم السائق على دواسة البنزين، تحدد ظروف مختلفة مثل شحن البطارية ومقدار هبوط الدواسة ما يمكن التحكم به لتحريك السيارة إلى أتجاه الطريق. إذا كانت البطارية مشحونة بما فيه الكفاية، فقد يشير PCM إلى المحرك والمكونات ذات الصلة مباشرة أو من خلال وحدات تحكم محددة لقيادة السيارة على طاقة كهربائية نقية أو بالاشتراك مع المحرك. إذا كانت البطارية منخفضة الشحن، فقد يستخدم PCM المحرك للتحرك على الطريق أثناء الاتصال بالمحرك للدخول في وضع توليد الطاقة لشحن البطارية. هذا المثال هو مجرد جزء صغير من كمية الضوابط المستخدمة في المركبات.

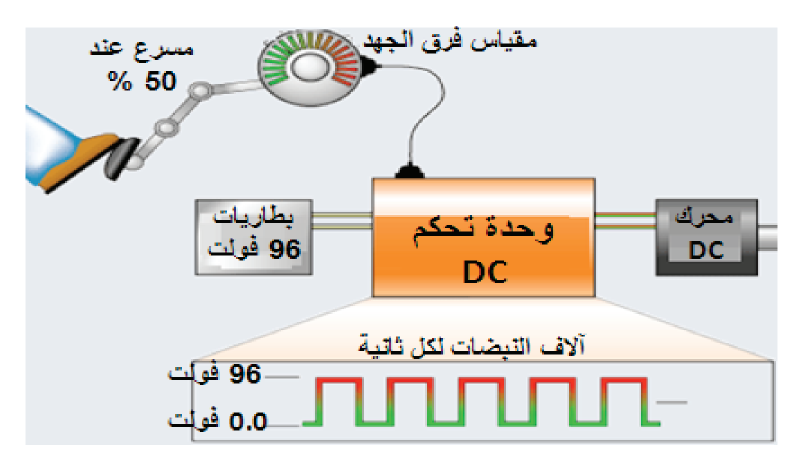
عموما معظم السيارات الكهربائية الحديثة تشتمل على ميكرو كمبيوتر يقوم بمراقبة أداء المكونات الأساسية فى السيارة ليتحكم فى أدائها من خلال إرسال إشارات إلى وحدة التحكم ووحدة الحماية.

ويبين شكل (4) موضع منظم المحرك فى السيارة. يمكن ان يكون المتحكم من نوع التيار المستمر أو التيار المتردد، فيما يلى توضيح ذلك

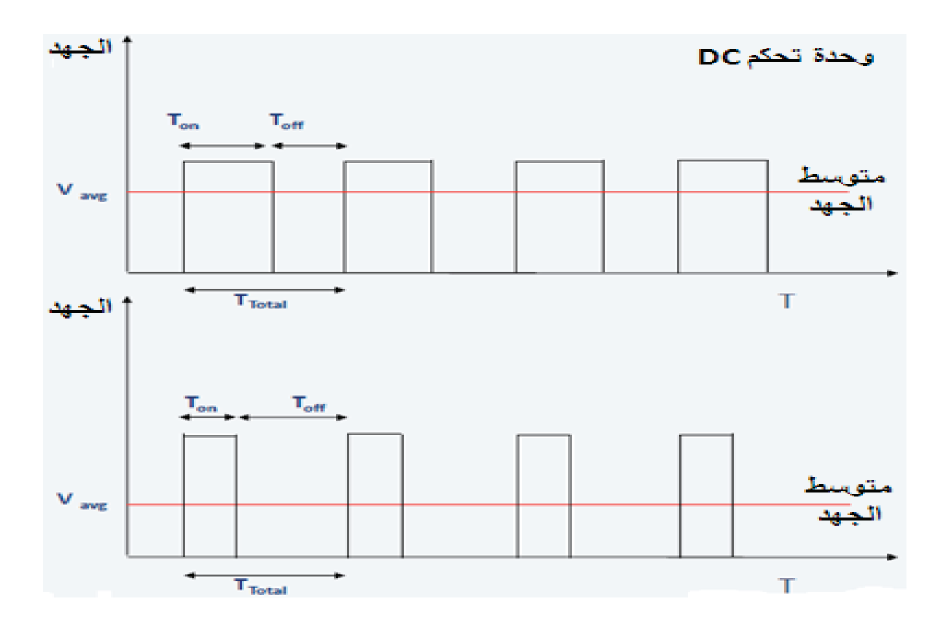


شكل (4) موضع متحكم المحرك

(أ) وحدة تحكم بالتيار المستمر (DC)
فى هذا النوع يحصل المحرك على جهد التحكم من وحدة التحكم بالتيار المستمر اعتمادا على مخرج مقياس فرق الجهد (potentiometer). ويتم التحكم فى السرعة (accelerator) من خلال دائرة تعديل عرض النبضة (pulse width modulation) (PWM). يوضح شكل (5) وحدة تحكم بالتيار المستمر.
يبين شكل (6) عمل وحدة تحكم بالتيار المستمربأستخدام (PWM)



شكل (5) وحدة تحكم بالتيار المستمر
(Courtesy: howstuffworks.com)



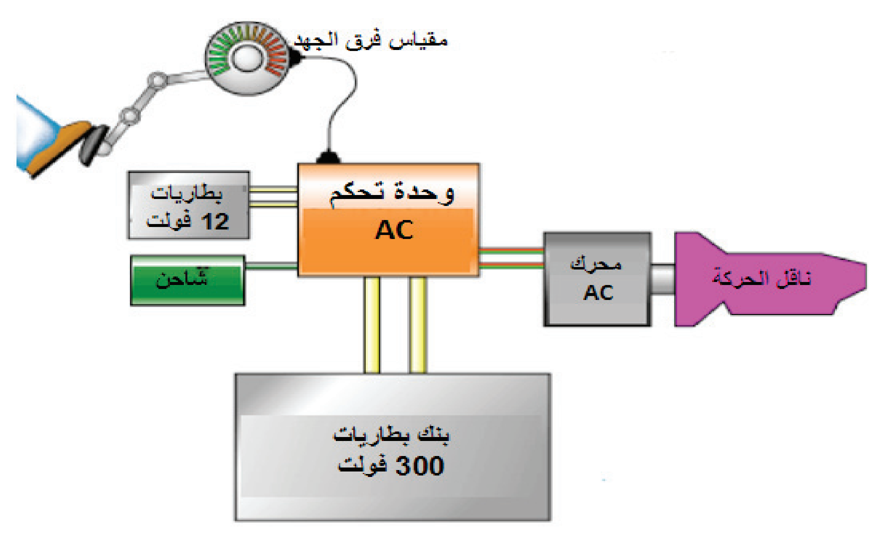
شكل (6) عمل وحدة تحكم بالتيار المستمربأستخدام (PWM)
(Courtesy: howstuffworks.com)

(ب) وحدة تحكم بالتيار المتردد (AC)

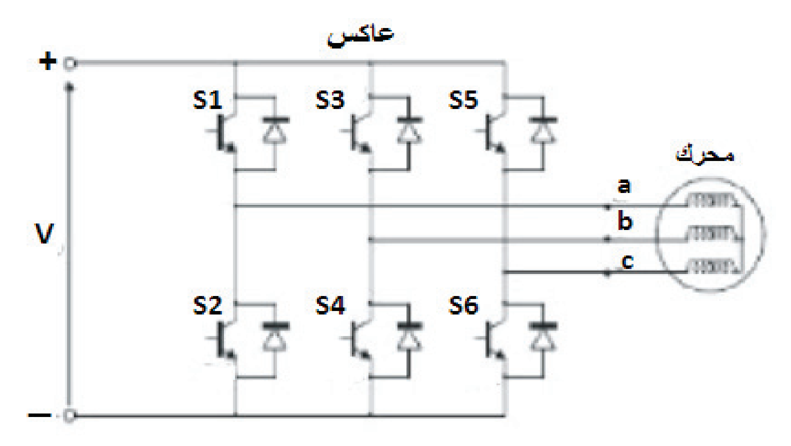
تخلق وحدة التحكم بالتيار المتردد ثلاثة موجات جيبية بين كل موجة 120° (ثلاثة اطوار AC)

بأستخدام 6 مجموعات من ترانستورات القدرة ، يكون مدخل وحدة التحكم 300 فولت ، وتنتج 240 فولت تيار متردد ثلاثى الطور

يوضح شكل (7) مكونات وحدة تحكم بالتيار المتردد ، ويبين شكل (8) عاكس ثلاثى الطور لوحدة تحكم بالتيار المتردد



شكل (7) وحدة تحكم بالتيار المتردد
(Courtesy: howstuffworks.com)



شكل (8) عاكس ثلاثى الطور لوحدة تحكم بالتيار المتردد
(Courtesy: howstuffworks.com)

ثالثا : محركات السيارات الكهربائية

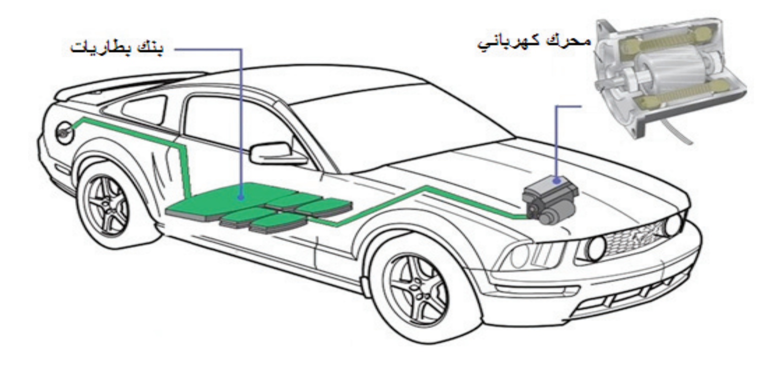
تختلف السيارات الكهربائية عن تلك التي تعمل بوقود البنزين باحتوائها على محرك كهربائي يحركها من مكان إلى آخر، وهو محرك كهربائي تقليدي يدور باستخدام تيار مستمر(DC) أو تيار متردد(AC)، ويتكون من عدة أجزاء هى : الجزء الثابت، الجزء الدوار، الفرش وحلقات التثبيت المنزلقة، من أنواع المحركات الكهربائية المحرك الحثى ومحرك كهربائي/مولد، يوضح جدول (1) مقارنة بين محرك تيار مستمر ومحرك تيار متردد

جدول (1) مقارنة بين محرك تيار مستمر ومحرك تيار متردد

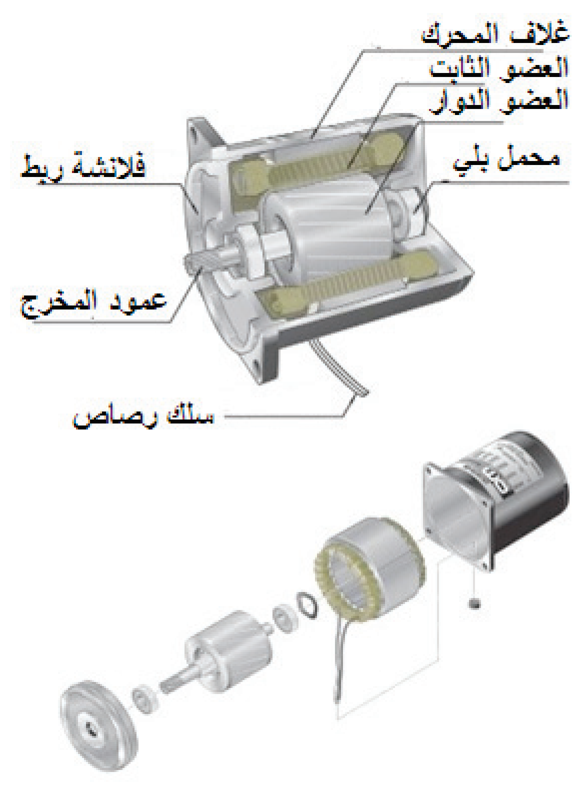
محرك تيار مستمر (DC)	محرك تيار متردد (AC)
ناقل حركة متعدد السرعات	ناقل حركة احادى السرعة
اثقل وزنا عند القدرة المكافئة	وزن خفيف
اعلى تكلفة	اقل تكلفة
كفاءة 85% - 95% عند الحمل الكامل	كفاءة 95% عند الحمل الكامل
منظم بسيط	تكلفة المنظم اعلى
المحرك / المنظم اقل تكلفة	المحرك / المنظم / العاكس اكثر تكلفة

1- المحرك الحثى (AC)

محـرك التيار المـتردد هو في الواقع محرك ثلاثي الطور يحتوي على ميزة سرعة التشـغيل عند 240 فولت. عشـاق السـيارات والخبراء يرون أن هذا النوع من المحركات قابل للتكيف. ميزة التجديد يمكن أن تعمل أيضا كمولد يعيد الطاقة إلى بطارية EV. عندما يتعلق الأمر بأداء الطرق، يمكن أن تحصـل السـيارات الكهربائية المزودة بمحركات AC على قبضة أفضل في التضاريس الوعرة وتعمل بسلاسـة أكبر. كما أن لديها المزيد من التسـارع. علـى الرغم من أن محركات الحث بالتيار المتردد أغلى من محركات التيار المستمر، إلا أنها لا تزال شائعة لدى أكبر الشركات المصـنعة للسوق والسيارات لأنها مثالية للسيارات عالية الأداء، يوضح شكل (9) موضع محرك حثي ثلاثي الطور بالسيارة الكهربائية ويبين شكل (10) مكونات محرك حثي ثلاثي الطور



شكل (9) موضع محرك حثي ثلاثي الطور بالسيارة الكهربائية



شكل (10) مكونات محرك حثي ثلاثي الطور

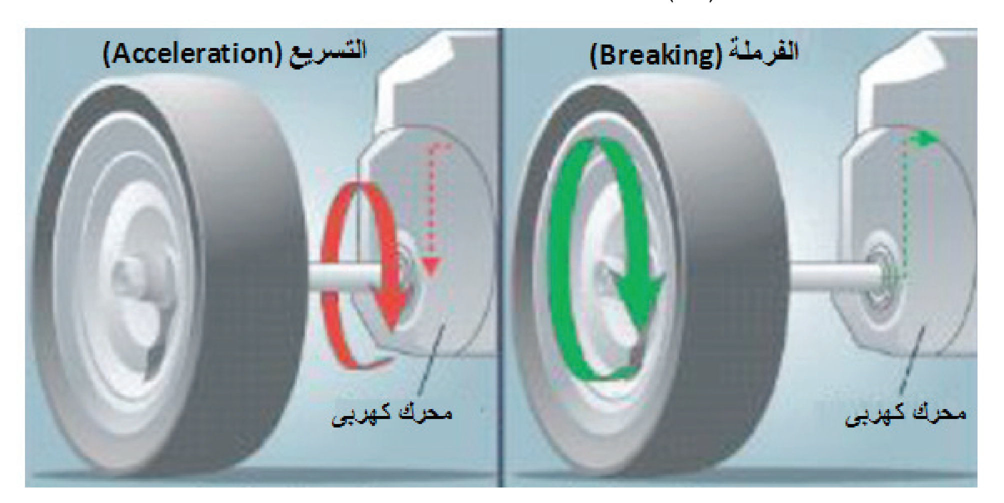
2 – **محرك كهربائي / مولد** (Electric Motor / Generator)

تستخدم السيارات الكهربائية الحديثة محركات AC بدون فرش(brushless motors)، مما يعني أنه على عكس محركات الفرشاة(brush motors)، لا يوجد اتصال كهربائي مباشر بين العضو الدوار (المتحرك) والعضو الثابت. نتيجة لذلك، فأنها تمتاز باحتكاك أقل وتحمل أطول. تعد محركات التيار المتردد بدون فرش من اكثر المحركات انتشارا والمستخدمة فى التحكم فى الحركة. تستخدم هذه المحركات تكنولوجيا الحث الكهرومغناطيسى لكل من الجزئين الثابت والمتحرك فى المحرك. يؤخذ فى الاعتبار كمية التيار المتدفق فى كلا الملفين النحاس لضمان استقرار الدوران عن طريق توزيع القطبية الناشئة عن المجال الكهرومغناطيسى على الوجه الاكمل، يوضح شكل (11) مكونات محرك تيار متردد بدون فرش.

يمكن للمحرك الكهربائي أن يعمل أيضًا كمولد ويمكن استخدامه للشحن المجمع حيث يتم أثناء الفرملة (الكبح)، استرداد الطاقة الحركية وشحن البطارية بها، اى من خلال الفرامل يتحول عمل محرك السيارة الكهربائية الى مولد لتحويل الكثير من الطاقة الحركية المفقودة عند التباطؤ مرة أخرى إلى طاقة مخزنة في بطارية السيارة. . . . في الأساس، تتمثل الطريقة الأكثر فعالية لقيادة أي مركبة في التسارع بسرعة ثابتة ومن ثم عدم لمس دواسة الفرامل أبدًا، يوضح شكل (12) تمثيل عملية محرك / مولد



شكل (11) مكونات محرك تيار متردد بدون فرش



شكل (12) تمثيل عملية محرك / مولد
(Courtesy: howstuffworks.com)

محرك السيارة الهجينة

تستعمل بعض السيارات محركات الوقود الداخلي للحركة، والتي تعمل بوقود الديزل أو البنزين، وتستعمل بعض السيارات الأخرى المحرك الكهربائي للحركة، ولكن السيارات الهجينة تعتمد على خليط بين الإثنين، فهي تجمع ما بين وجود محرك الاحتراق الداخلي والمحرك الكهربائي في نفس الوقت

يوضح جدول (2) خصائص المحركات

جدول (2) خصائص المحركات

الخصائص	محرك فرشاة DC	محرك DC بدون فرش - مغناطيس دائم	محرك حثى (AC)
أقصى كفاءة	85 - 89%	95 - 97%	94 - 95%
الكفاءة عند 10% من الحمل	80 - 87%	73 - 82%	93 - 94%
اقصى سرعة(RPM)	4000 - 6000	4000 - 10000	9000 - 15000
تكلفة المنظم منسوبة الى محرك فرشاة DC	1	3 - 5	6 - 8

رابعا : المولدات الكهربائية (Alternators)

عمل البطارية في السيارة هو:

- مصدر للطاقة الكهربائية المخزنة لتشغيل «المارش» ليبدأ دوران محرك الديزل
- تشغيل الأجهزة المساعدة بالسيارة– أثناء توقف محرك الديزل – المسجل، تشغيل زجاج النوافذ، مساحة الزجاج الأمامي، مضخة رش المياه على الزجاج.

أما البطارية فيتم شحنها من خلال مولد كهربي يدار بواسطة سير كاوتش من محرك الديزل الخاص بالسيارة. يوضح شكل (13) تمثيل موضع المولد بالسيارة، فيما يلى أنواع المولدات الكهربائية

(أ) مولد كهربي تيار مستمر

يحتوي مولد الإثارة الخارجية (separate excited DC generator) على مفتاح كهربائي دوار (commutator) وفرش كربونية (Brush) ومن عيوبه:

- يحتاج إلى صيانة على فترات قصيرة
- حجمه ووزنه كبير
- ثمنه مرتفع

(ب) مولد تيار متغير تزامني (ثلاثي الأوجه)

يتكون المولد من:

- عضو دوار يحتوي على أقطاب مغناطيسية
- عضو ثابت عبارة عن رقائق الصلب السليكوني المحتوي على مجاري (slots) توضع بها الملفات المنتجة للقوة الدافعة الكهربائية للمولد.

من خصائص هذا المولد:

1. تختلف أقطاب هذا المولد عن أنواع المولدات الأخرى
2. عدد الأقطاب يصل إلى 12 قطبا يقابها 36 مجرى في العضو الثابت، حيث يستخدم ملف واحد ينتج 12 قطبا، وتأخذ الأقطاب شكلا مخلبيا(Claw poles) وهذه التركيبة تساعد على تقليل الوزن
3. مخرج المولد 14 فولت عند السرعة المنخفضة لمحرك الديزل، حيث يستخدم في شحن البطارية.
4. لايعمل المولد على سرعة دوران ثابتة
5. تتغير سرعة دوران المولد من حوالي 1200 لفة/الدقيقة إلى أكثر من 12000 لفة/دقيقة
6. يولد طاقة كهربائية من أقل سرعة حتى أعلى سرعة

7. ترتبط سرعة المولد بسرعة الدخول لصندوق تروس سرعات السيارة
8. يشتمل على منظم جهد كهربي (voltage regulator) من النوع سواء الكهرومغناطيسي أو الإليكتروني للحفاظ على جهد مخرج لايتعدى 14 فولت مهما زادت السرعة.
9. من عيوبه وجود حلقات الإنزلاق والفرش الكربونية اللازمة لتوصيل التيار إلى ملف المجال المغناطيسي بالعضو الدوار.

(ج) مولد المغناطيس الدائم

هو مولد تزامني ثلاثي الأوجه يتكون من:

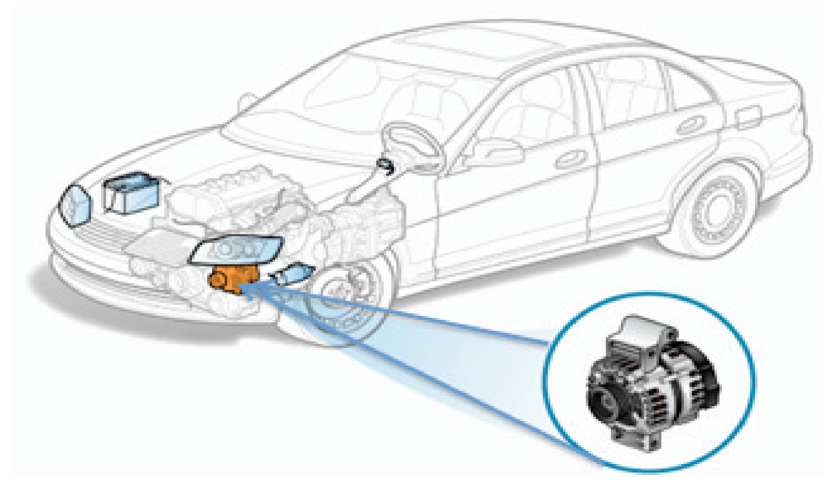
- عضو دوار يحتوي على عدد من الأقطاب المغناطيسية الدائمة (Permanent magnet) تصل إلى 12 قطبا أو أكثر ولا يحتوي على ملفات ولايحتاج للتغذية بالتيار، ولايشتمل على حلقات انزلاق أو فرش (brushless)
- عضو ثابت يحتوي على ملفات ثلاثية الأوجه تستنتج من خلالها القوة الدافعة الكهربية ثلاثية الطور، والتي تزيد مع تزايد سرعة المولد.
- يتم التحكم في جهد مخرج المولد باستخدام دوائر "ثيرستور" أو "ترانزيستور"، حيث يتم التحكم في زاوية إشعال الثيريستور. ويتم ضبط جهد المخرج بين 14-12 فولت ليناسب جهد شحن البطارية بالإضافة إلى تغذية مساعدات السيارة.

(د) مولد العضو الدوار ذو الملفات

يتكون هذا النوع من:

- مولدان في جسم واحد، أحدهما المولد الرئيسي، والآخر أصغر كثيرا في الحجم ويكون مسئولا عن تغذية ملفات مجال المولد الرئيسي

- يتكون المولد الرئيسي من ملفات ثلاثية الطور في العضو الثابت، يقابلها ملفات أقطاب في العضو الدوار.



شكل (13) تمثيل موضع المولد بالسيارة

خامسا : العاكسات (Inverters)

هى أجهزة كهربائية تحول التيار المستمر (DC) إلى التيار المتردد (AC)

يوضح جدول (3) انواع وتطبيقات العاكسات

جدول (3) انواع وتطبيقات العاكسات

البند	التوضيح
الانواع	– عاكس موجة مربعة شبه موجة – عاكس موجة مربعة معدل – عاكس موجة جيبية نقية
التطبيقات	– تحويل التيار المستمر الناتج من الألواح الشمسية أو البطاريات أو خلايا الوقود إلى تيار متردد – عاكسات صغيرة لتحويل قدرة التيار المستمر من الألواح الشمسية إلى التيار المتردد للشبكة الكهربائية – يستخدم UPS عاكس لتجهيزالتيار المتردد عندما تكون الكهرباء الرئيسية متاحة
العيوب	ليست مثالية للأحمال AC الحثية والمحركات. يمكن أن تتلف الأجهزة الإلكترونية الحساسة بسبب الموجات الجيبية الضعيفة نتيجة البطاريات المنخفضة

عاكس [Inverter (DC / AC)or (AC / DC)]

يتم التحكم بمحركات الدفع الكهربائي عن طريق العاكسات، والتي يتم تصميمها كإلكترونيات قوى تحتوى على متحكم منطقي(control logic)

يحول العاكس التيار المستمر(DC) من البطارية إلى تيار متردد (AC) يتم استخدامه من قبل الأجهزة الأخرى مثل محرك الجر ومضخة سائل التبريد.

يقوم العاكس بتحويل جهد المولد ثلاثي الطور (أي المحرك الكهربائي أثناء عملية الفرملة) إلى جهد تيار مستمر لشحن البطارية. وبالمثل، عند تشغيل المحرك الكهربائي، يتم تحويل جهد التيار المستمر للبطارية إلى جهد تيار متردد ثلاثي الطور.

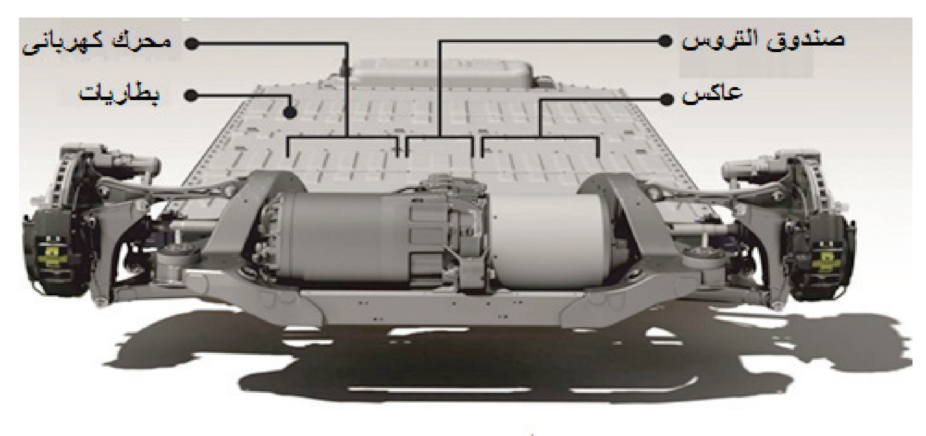
يوضح شكل (14) تمثيل موضع العاكس بالسيارة والدائرة المكافئة للعاكس

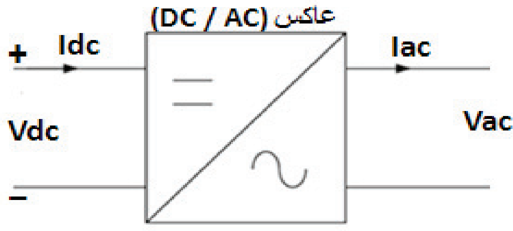
يوضح شكل (15) طراز عاكس عالي الكفاءة، يحول قدرة عالية (DC) الى قدرة

(Split Phase AC) تردد (50 / 60 Hz) اللازم لتغذية احمال المساعدات مباشرة، ومن خصائصة الاتى :

- حدود جهد المدخل 240 – 430 Vdc / 400 – 850 Vdc
- الكفاءة النموذجية 92 %

- القدرة حتى 6 Kw
- أحادى الطور، ثلاثى الطور





شكل (14) تمثيل موضع العاكس بالسيارة والدائرة المكافئة للعاكس



شكل (15) عاكس عالي الكفاءة (DC / AC)
(/https://www.belfuse.com/resources/Brochures)

سادسا : المبدلات (Converters)

هى أجهزة كهربائية تحول التيار المتردد (AC) إلى التيار المستمر (DC)

يوضح جدول (4) انواع وتطبيقات المبدلات

جدول (4) انواع وتطبيقات المبدلات

البند	التوضيح
الانواع	– مبدل تمثيلى إلى رقمي (ADC) (Analog-to-digital converter) – مبدل رقمي إلى تمثيلي (DAC) (Digital-to-analog converter) – مبدل رقمي إلى رقمي (DDC) (Digital-to-digital converter)
التطبيقات	– تحويل التيار المتردد إلى تيار مستمر. – الكشف عن قيمة إشارات الراديو المعدلة
العيوب	ضعف قدرة التحميل الزائد للتيار؛ أفضل نوعية هى المنظمات الاتوماتيكية ولكنها أكثر تكلفة من المنظمات الميكانيكية.

يوضح شكل (16) مبدل عالي الكفاءة، يحول قدرة عالية (HVDC) الى قدرة منخفضة (LVDC) اللازمة لتغذية احمال المساعدات مباشرة (12/24 Vdc)، ومن خصائصة الاتى :

- حدود جهد المدخل 240 – 430 Vdc / 400 – 850 Vdc
- الكفاءة النموذجية 93 %
- القدرة حتى 4 Kw



شكل (16) مبدل عالي الكفاءة (DC/DC)
(https://www.belfuse.com/resources/Brochures/)

مبدل [Converter (DC / DC)or (AC / DC)]

جهاز يعمل على رفع أو خفض الجهد المتردد أو المستمر (AC or DC) لمصدر التغذية اعتمادا على التطبيق. يعرف المبدل الذي يزيد الجهد بمبدل الرفع (step-up) ويطلق على المبدل الذي يقلل الجهد بمبدل تخفيض (step-down). فى السيارات الكهربائية والسيارات الهجينة يتم الجمع بين مبدلات الرفع والخفض في وحدة واحدة. فى تطبيقات مبدل الرفع يتم تحويل جهد البطارية (الذى عادة ما يتراوح بين 180 و300 فولت) إلى حوالي 650 فولت لتشغيل محرك الجر. تتمثل ميزة استخدام مبدل رفع الجهد بالبطارية في استخدام بطارية أصغر وأقل تكلفة عند استخدام محرك جهدعالي الكفاءة. قد يؤدي تطبيق مبدل الخفض إلى تقليل التيار المستمر ذي الجهد العالي (DC 180–300 فولت) من البطارية إلى جهد مستمر منخفض (12–14 فولت) والذى يمكن استخدامه لشحن البطارية الإضافية ذات الجهد 12 فولت، كذلك يستخدم لتشغيل الأجهزة المساعدة مثل الإضاءة والمسجل والراديو والنوافذ

مبدل [Converter (DC / DC)]

يحول مبدل DC / DC في شكله الأساسي، جهد مدخل التيار المستمر غير المنظم، عند مستوى معين، إلى جهد مخرج DC منظم عند مستوى مختلف مع كفاءة تحويل عالية جدًا (90٪ <). يتم تشغيل مبدل DC / DC الحديث عند الترددات العالية (10 كيلو هرتز – 1 ميجا هرتز). تكون احجام المكونات مثل المحاثات والمحولات والمكثفات أقل عند التشغيل ذات الترددات العالية. تستخدم الترانزستورات مثل (Metal-oxide-semiconductor field-effect transistor(MOSFETs)

وترانزستور ثنائي القطبية ذو بوابة معزولة Insulated-gate bipolar transistor (IGBTs) كمفاتيح. في النوع الأول كان يُفضل التطبيقات ذات الترددات العالية والمنخفضة والمتوسطة، بينما فى النوع الثاني كان يُفضل التطبيقات ذات التردد ات العالية والمنخفضة. يتم تشغيل المفاتيح وإيقافها بواسطة تقنية تعديل عرض النبضة(pulse width modulation) ((PWM) بالإضافة إلى ذلك، يعتبر دور مبدل (DC / DC) مهم للغاية خاصة من حيث الاستخدام الأفضل لمصادر الطاقة، وإدارة الطاقة، والأداء الديناميكي، والمرونة، وتحسين النظام وتخفيض الوزن والتكلفة، زادت الأحمال المساعدة أيضًا بمرور الوقت، مما أدى إلى ارتفاع الطلب على الطاقة الكهربائية. يجب الإشارة هنا إلى أن معدل زيادة أحمال السيارات يبلغ حوالي 4% كل عام. وبالتالي، أدت متطلبات الحمل إلى ضرورة رفع مستوى مصدر الطاقة

تقييم طوبولوجيات المبدل V2G وG2V (V2G and G2V Converter)

اعتمادًا على جهد حزمة البطاريات، يمكن لشاحن المركبة الكهربائية أن يشتمل على طوبولوجيات مختلفة:

- طوبولوجيا مبدلات ثنائية الإتجاه (AC/DC) لبطاريات جهد عالي
- طوبولوجيا مبدلات ثنائية الإتجاه (DC/DC) لبطاريات جهد منخفض

يوضح جدول (5) انواع المبدلات AC/DC، فيما يلى توضيح كل نوع

جدول (5) انواع المبدلات AC/DC

	النوع		الإختصار
طوبولوجيا مبدلات ثنائية الإتجاه لبطاريات جهد عالي (AC/DC)	مبدل نصف قنطره	Half - Bridge Converter	HBC
	مبدل قنطره كامله	Full - Bridge Converter	FBC
	مبدل تعزيز– تخفيض لضبط الجهد	Buck - Boost Converter	BBC
	مبدل مستويات متعدده	Multi - Level Converter	MLC
	مبدل مصفوفة	Matrix Converter	MC
	مبدل AC/DC بعزل مجلفن	AC/DC Converter with Galvanic Isolation	ADC - GI
	مبدل قنطرة كامله مع تعويض لتموجات DC	Full - Bridge Converter with DC Ripple Compensation	FBC - DC
طوبولوجيا مبدلات ثنائية الإتجاه لبطاريات جهد منخفض (DC/DC)	مبدل (تعزيز - تخفيض لضبط الجهد)	Two - Quadrant (buck -boost) Converter	TQC
	مبدل دفع – سحب	Push - Pull Converter	PPC
	مبدل قنطرة كامله فعاله مزدوجه معزوله	Isolated Dual Active Full Bridge	IDA
	مبدل نصف قنطرة معزوله	Isolated Dual Half Bridge	IDHB
	مبدل طوبولوجيا رنين توالي - توازي	Series - Parallel Resonant Topology	SPRT
	مبدل تعزيز – تخفيض لضبط الجهد متكامل معدل	Modified Integrated Buck - Boost Converter	MIC
	مبدل قنطرة كامله فعاله مزدوجه معزوله مع تثبيت فعال	Isolated Dual Active Full Bridge with Active Clamp	IDA - AC

الطوبولوجيا : دراسة الخصائص الهندسية التي لا تتأثر بتغير الحجم أو الشكل

1. مبدلات (AC/DC) – بطاريات جهد عالي

عند استخدام حزمة بطاريات جهد عالى، قد يتم استخدام مبدل AC / DC فقط لتوصيله بالشبكة. يعرض الجدول (6) الطبولوجيات الرئيسية التي يمكن استخدامها. تم النظر فقط في الهياكل ثنائية الاتجاه أحادية الطور بالنسبة إلى التيار المتردد، ولكن يمكن تكييفها مع هياكل ثلاثية الطور لتطبيقات الطاقة العالية

جدول (6) مميزات وعيوب انواع مبدلات AC/DC – بطاريات جهد عالي

النوع	المميزات	العيوب
HBC	– مكونات أقل – تكلفة أقل – تحكم وتصميم بسيط – صغر التيار المستمر (DC) المار إلى الشبكة الكهربية – وضع جهد ثابت شائع بملف واحد (L) في المخرج	– مكونات عالية الاجهاد (ربما يحتاج إلي ترانزستورات أكثر متصله على التوالي أو على التوازي) – توافقيات تيار متعددة (الإحتياج إلى مرشح كبير ومكلف) – مكثفان كبيران – غير مناسب لمستويات القدرة العالية – يحتاج إلى قيمتين لـ Vdc مقارنة بالنوع FB
FBC	– مكونات منخفضة الاجهاد – أرخص – مكثف واحد – نسبة تحويل عالية، ومستوى قدرة عالي	– مكونات أكثر والمدخل من النوع PWM – تحكم معقد – يحتاج مرشح للتوافقيات – غير مؤكد الوصول إلى صفر تيار مستمر إلى الشبكة الكهربائية
BBC	– تحسين موجة (أو عاكس) مصدر التيارأو مصدر الجهد – تخفيض عناصر تخزين الطاقة بغرض الإستجابة السريعه	– عدد أكبر من المفاتيح مقارنة بالأنواع التقليدية FB ،HB
MLC	– مكونات منخفضة الإجهاد – مفقودات منخفضة، وكفاءة عالية – حجم أقل – مرشح صغير ومنخفض التكلفة – موجة تيار نقيه مع معامل قدرة قريب من الوحدة – مجالات كهرومغناطيسية منخفضة وتشويش صوتي منخفض – تنظيم جهد خالي من النبضات عند قضبان التيار المستمر	– عناصر ودوائر إلكترونية إضافية – أكثر تكلفة وتعقيدا
MC	– موجات جيبية – أقل توافقيات – سريان طاقة ثنائي الإتجاه – تحكم كامل في قدرة المدخل – أقل تخزين طاقة مطلوبة (مكثفات غير كبيرة وغير مكلفة)	– نسبة تحويل جهد المدخل/ المخرج محددة بـ 87% – أشباه موصلات أكثر – حساس جدا لإضطرابات جهد مدخل النظام
ADC - G1	– معزول في مرحلة واحدة – رنين، مفاتيح صفر جهد، كفاءة – مقارنة مع طوبولوجيا (Topology) الرنين التقليدي (DC/DC + AC/DC): × أقل تكلفة × أقل مكونات وأكثر إحكاما	– مقارنة بالمبدل التقليدي AC/DC: ×أكثر تعقيدا × مكونات أكثر × تكلفة أعلى
FBC - DC	– إنخفاض نبضات الربط بـ DC (مكثف أصغر) – التحكم في عرض النطاق الترددي الواسع والسريع في مخرج DC	50% مفاتيح أكثر من المستخدم في FB التقليدي

2. مبدلات (AC/DC) - بطاريات جهد منخفض

على العكس من ذلك، عند استخدام بطاريات جهد منخفض (LV)، يجب أن يوجد مبدل DC / DC وسيط لزيادة الجهد إلى القيمة المطلوبة عند قضبان التيار المستمر. يمكن أن تستعيد بطاريات LV مزيدًا من الطاقة من القضبان أثناء وضع الفرامل المتجدد. يتم تخزين طبولوجيا المستخدمة بشكل رئيسي في الجدول (7).

في الطبولوجيا المتقدمة، يتم استخدام MOSFETs للقدرات المنخفضة، IGBTs للقدرات المتوسطة و GTOs للتطبيقات عالية الطاقة.

جدول (7) مميزات وعيوب مبدلات AC/DC - بطاريات جهد منخفض

النوع	المميزات	العيوب
TQC	- بسيط - مكونات قليلة - دائرة تحكم بسيطة - نبضات تيار صغيرة	- ملفان تيار عالي (كبير ومكلف) - ملف ضبط الجهد في إتجاه وملف التعزيز في الإتجاه الأخر - غير عملي لنسبة الجهد العالي - لا يحتوي على عزل مجلفن
PPC	- عزل مجلفن - مراحل رفع أو خفض الجهد - مدى دورة عمل كبيرة قابلة للتنفيذ - إحتمالية مخارج متعددة - نبضات تيار صغيرة	- إجهاد الجهد للمفاتيح الأساسية يكون ضعف جهد المدخل - أصغر قدرة طاقة - مفاتيح أقل (فقد منخفض)
IDHB	- نصف عدد الأجهزة مقارنة بالنوع DFB - كثافة طاقة عالية، كفاءة تحويل الطاقة، التعبئة مدمجة - مفاتيح ناعمة (فتح عند صفر جهد) بدون أجهزة إضافية - أقل إحتياجا للطاقة الإضافية - تحكم بسيط - نبضات تيار صغيرة عند جانب الجهد المنخفض للبطاريات	- مفاتيح لها إجهاد تيار ضعف النوع FB - يخضع جانب الجهد المنخفض لضعف جهد مدخل dc مقارنة بالنوع FB - نبضات تيار كبيرة في مكثفات التقسيم - إجهاد تيار غير متزن بين مفتاحين في جانب الجهد المنخفض

IDA	– كثافة طاقة عالية – تحكم مرن وسريع – عزل مجلفن – إستخدام نسبة المحولات – أداء ديناميكي سريع – لا يحتاج إلى مكونات إضافية لمفاتيح بداية تنعيم التشغيل	– مكونات كثيرة – المزيد من خسائر التبديل – مكلف – أجهاد عالي لمدى الجهد، أكبر من 2:1 – لا يستخدم لتطبيقات الجهد العالى – نبضات تيار عالية عند قضيب dc، الإحتياج لمرشح – عدم مقدرة حجب تيار dc
SPRT	– عزل مجلفن – الحد من تيارات الوضع المشترك – تشغيل صحيح لنظام الحماية –مطابقة الجهد – تعزير (أو تقوية) ومخفض – المرونة (يمكن أن يعمل لـ RC توالي أو توازي)	– وزن وحجم كبير – تكلفة عالية (20% أزيد مقارنة بالنوع غير المعزول) – لا يمكن ضمان صفر تيار DC – أكثر تعقيدا
MIC	– أقل محاثات تيار عالي – وظائف إضافية	– معقد – مفاتيح إضافية (مفقودات أعلى) – عزل غير مجلفن
IDA - AC	– الحد من التجاوزات الحادثة من ممانعة تسريب المحول خلال تبديل التيار – الحماية الكامنة ضد زيادة التيار وضد تيارات قصر الدائرة – غير حساس لتشبع المحول – تموجات منخفضة نسبيا فى موجة التيار تناسب البطاريات	– بداية شديدة – مفقودات عالية عند الترددات العالية نتيجة ممانعة تسريب المحول – ممانعة مدخل كبيرة – الاحتياج الى مكثفات عالية الجودة – تحويل قدرة الجهد لأعلى من قيمة جهد القضبان – التعرض لفقدان التحكم في البوابة والتى يمكن ان تؤدى الى انقطاع التيار ونبضات جهد عالية

مبدل معارض (Buck converter)

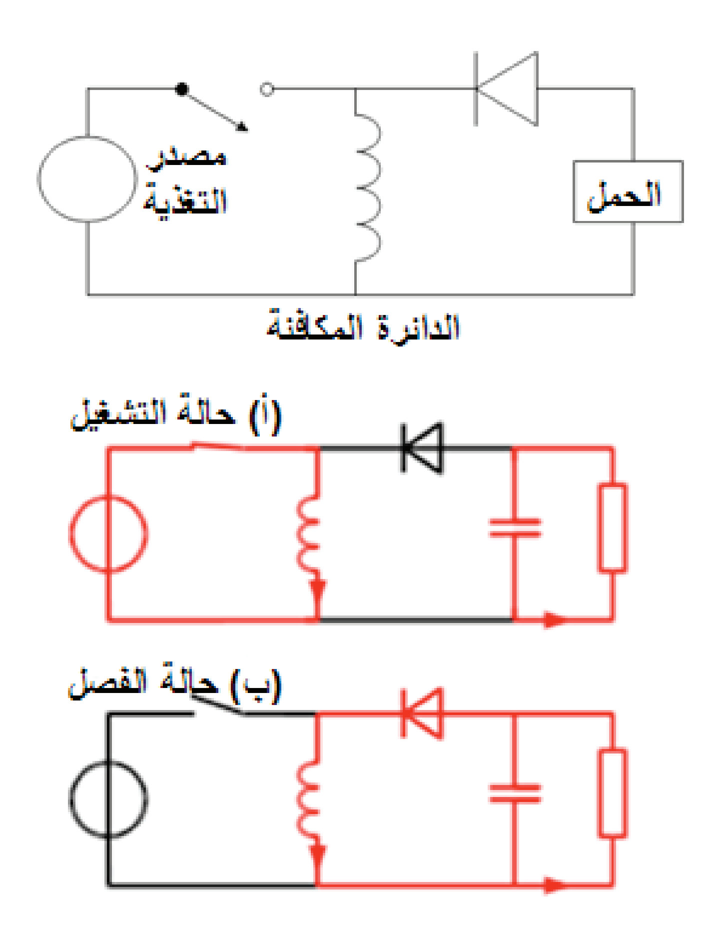
يخفض الجهد، يحتوى على مفتاح واحد، بسيط، كفاءة اعلى من% 90 ، يجهز جهد مخرج بقطبية واحدة، وتيار مخرج احادى الاتجاه

مبدل تعزيز أو تقوية (boost converter)

يرفع الجهد، يحتوى على مفتاح واحد، بسيط، كفاءة عالية، يجهز جهد مخرج بقطبية واحدة

مبدل معارض – مقوى (Buck and boost converter)

تخفيض / تصعيد الجهد، يحتوى على مفتاح واحد، بسيط، كفاءة عالية، يجهز جهد مخرج بانعكاس القطبية، يوضح شكل (17) الدائرة المكافئة لمبدل معارض – مقوى .



شكل (17) الدائرة المكافئة لمبدل معارض – مقوى



الباب الخامس

بطاريات السيارات الكهربائية

ELECTRIC CAR BATTERIES



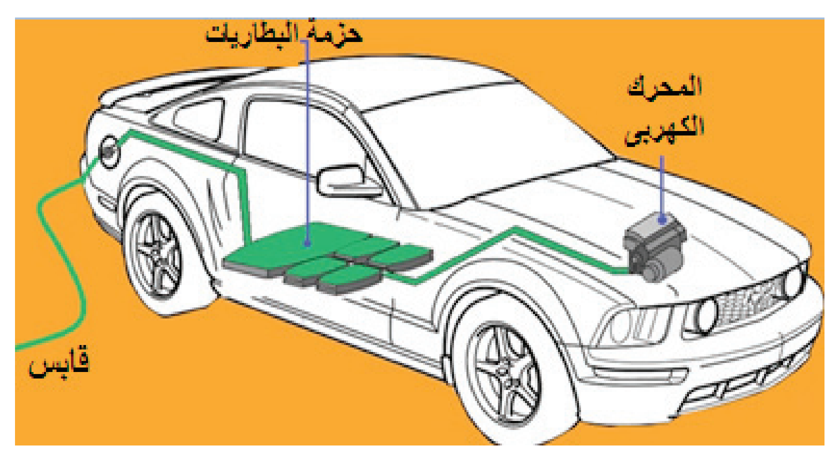
CHARGING

الباب الخامس

بطاريات السيارات الكهربائية

ELECTRIC CAR BATTERIES

فى السيارات الكهربائية تعتمد كل من السرعة والمسافة المقطوعة وعزم الدوران على مواصفات المحرك وحزمة البطاريات. وفيها يتم تصميم حزمة البطارية بحيث توفر تيارًا كافيًا للمحرك لفترة طويلة دون أن تتسبب في تدهور العمر الافتراضي للبطاريات. يوضح شكل (1) المكونات الاساسية للسيارة الكهربائية



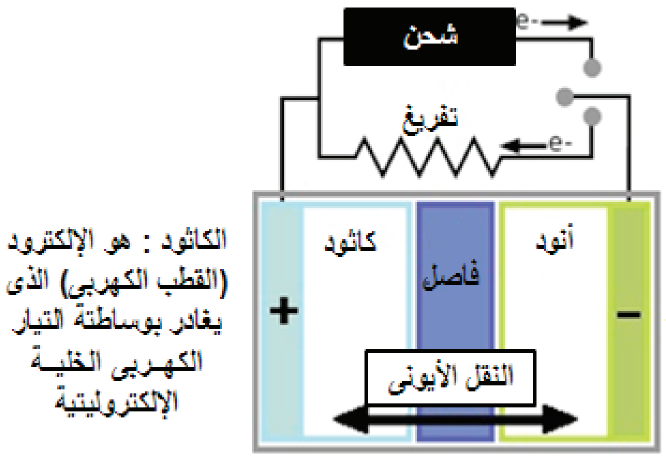
شكل (1) المكونات الاساسية للسيارة الكهربائية

البطارية هي مجمع لعده خلايا كيميائية ثانوية متماثلة، يوصل بعضها مع بعض تيارا مستمرا بجهد (فولت) ذات قيمة معينة. تعرف البطارية التى يمكن فيها تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية لتشغيل حمل (مثل السيارة الكهربائية)، كذلك يمكنها تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية مرة أخرى أثناء عملية الشحن بأنها البطارية الثانوية. أول بطارية عرفها العالم والتي ابتكرها عالم الفيزياء الإيطالي أليساندرو فولتا(Alessandro Volta) فى عام 1800 باستخدام طبقات مرصوصة بالتبادلً من الزنك والورق. ولكن كيمياء البطارية اكتشفت لأول مرة من قبل الكيميائي الأمريكي جيلبرت لويس (Gilbert Newton Lewis) (1875-1946) في عام 1912

تتكون البطارية من ثلاثة طبقات رئيسية هي : الكاثود (cathode)، الأنود (anode)، والفاصل (الالكتروليت (electrolyte) وهو مادة ذائبة تتفكك الى ايونات، ومن ثم تجعل المحلول موصلا للكهرباِء).الكاثود هو الطبقة الإيجابية للبطارية والأنود هو الطبقة السلبية لها. عندما يكون الحمل متصلا بأطرافِ البطارية، يتدفق التيار (الإلكترونات) من الأنود إلى الكاثود. بينما عندما يكون الشاحن متصلاً بأطراف البطارية، يتم عكس تدفق الإلكترونات، أي من الكاثود إلى الأنود. أي بطارية تعمل بواسطة تفاعل كيميائي يسمى تفاعل الأكسدة. احيانا تعرف بتفاعلات الأكسدة والاختزال. يحدث هذا التفاعل بين الأنود والكاثود من البطارية من خلال الإلكتروليت (فاصل). سيكون الجانب الأنودي من البطارية على استعداد لاكتساب الإلكترونات ومن ثم سيحدث تفاعل أكسدة وسوف يكون

جانب الكاثود للبطارية على استعداد لفقدان الإلكترونات ومن ثم سيحدث تفاعل رد الفعل. بسبب نقل أيونات التفاعل من الكاثود إلى جانب الأنود من البطارية عبر الفاصل. نتيجة لذلك يظهر المزيد من الأيونات المتراكمة في الأنود. لتحييد (أي لجعله محايد) هذا الأنود يعمل على دفع الإلكترونات من جانبه إلى الكاثود. لكن الفاصل يسمح فقط بتدفق الأيونات من خلاله ويمنع أي حركة للكترونات من الأنود إلى الكاثود. وعليه فالطريقة الوحيدة التي تستطيع بها البطارية نقل الإلكترونات هي من خلال أطرافها الخارجية.

يوضح شكل (2) المكونات الاساسية للبطارية والكيمياء الأساسية لها



شكل (2) المكونات الاساسية للبطارية والكيمياء الأساسية لها

مصطلحات بطاريات السيارات الكهربائية
(Terminologies of Electrical Vehicle Batteries)

توجد بعض المصطلحات الأساسية المستخدمة بشكل شائع عند تصميم حزمة البطارية وهى :

- الجهد الكهربائي المقنن (Voltage Rating)
- مقنن أمبير- ساعة أو مقنن مللى أمبير ساعة (Ah rating or mAh rating)
- جهد القطع (Cut-off Voltage)
- أقصى جهد شحن (Max. Charge Voltage)
- جهد الخلية (فولت) (cell voltage)
- سعة الخلية (أمبير) (cell capacity)
- عدد الخلايا فى الصندوق الواحد (number of cells / box)
- الوحدات وطريقة توصيلها (modules and its connection way)
- جهد الدائرة المفتوحة (Open Circuit Voltage) (OCV)
- الجهد المحدد (Terminal Voltage)

- المقاومة الداخلية (Internal Resistance)
- الطاقة المحددة أو الطاقة النوعية(Specific Energy)
- الطاقة (كيلووات ساعة) (Energy Watt hour (kWh)
- كثافة الطاقة (Energy Density)
- معدل التفريغ الذاتي (Self Discharge rate)

يوضح الجدولين (1) & (2) تعريفات هذه المصطلحات لبطاريات السيارات الكهربائية. وللحصول على كمية الشحنة المتبقية فى حزمة البطاريات يجب تحديد المصطلحات الموضحة بجدول (3).

جدول (1) تعريفات مصطلحات بطاريات السيارات الكهربائية

المصطلح	التعريف
الجهد الكهربائي المقنن (Voltage Rating)	يوجد قيمتان شائعتان جدًا على لوحة بيان البطارية وهما الجهد المقنن وقيمة أمبير-ساعة. لبطاريات الرصاص الحمضية يكون الجهد المقنن 12 فولت بينما لبطاريات الليثيوم 3.7 فولت. وهذا ما يسمى الجهد الاسمي للبطارية(nominal voltage). هذا لا يعني أن البطارية سوف توفر 3.7 فولت في اى وقت. تختلف قيمة الجهد وفقا لسعة البطارية.
مقنن أمبير-ساعة أو مقنن مللى أمبير ساعة (Ah rating or mAh rating)	هى سعة البطارية، مثلا، يمكن لبطارية 2 أمبير-ساعة أن تعطي 2 أمبير لمدة ساعة واحدة، بينما تعطي البطارية نفسها 1 أمبير لمدة ساعتين، وذلك طبقا للمعادلة : المدة (Run time)= السعة المقننة / قيمة التيار المقنن
جهد القطع (Cut-off Voltage)	هو الحد الأدنى لجهد البطارية التي لا ينبغي أن تستخدم تحت هذه القيمة. مثلا لبطارية الليثيوم ذات الجهد المقنن 3.7 فولت، سيكون جهد القطع لها حوالي 3 فولت، وهذا يعني أنه لا يجب توصيل هذه البطارية أبدًا بالحمل عندما ينخفض جهدها الى 3 فولت. يتم الحصول علي قيمة جهد القطع للبطارية من لوحة بيان البطارية. إذا تم تفريغ البطارية لقيمة أقل من جهد القطع، يطلق عليه تفريغ زائد(over discharging). سيؤدي ذلك إلى تلف البطارية، ويؤثر على السعة وعمر التشغيل. بالاضافة إلى إعاقة الخصائص الكيميائية للبطارية، وقد ينتج عن ذلك دخان
أقصى جهد شحن (Max. Charge Voltage)	هو أقصى جهد يمكن للبطارية الوصول إليه. عند شحن البطارية يرتفع جهدها، وتسمى قيمة الجهد الذي يجب أن يتوقف عنده الشحن باسم أقصى جهد. مثلا لبطارية ليثيوم جهدها الاسمي 3.7 فولت، فإن أقصى جهد شحن يكون 4.2 فولت. يتم الحصول على هذه القيمة من لوحة بيان البطارية . إذا كانت البطارية مشحونة أكثر من هذا الجهد، يسمى ذلك الشحن الزائد (Overcharging) والذى يؤدي إلى تلف البطارية بشكل دائم وقد يتسبب أيضًا في مخاطر الحريق

جهد الدائرة المفتوحة Open Circuit Voltage (OCV)	هو قيمة الجهد المقاس بين القطبين الموجب والسالب للبطارية فى حالة عدم وجود حمل. مثلا لبطارية ليثيوم يكون هذا الجهد دائمًا بين 3.0 فولت و4.2 فولت من أجل بطارية صحية.
الجهد المحدد (Terminal Voltage)	هو قيمة الجهد المقاسة على البطارية فى حالة التحميل. يلاحظ ان قيمة جهد الدائرة المفتوحة والجهد المحدد لا يكونا متساويين، لأنه عندما يتم توصيل الحمل واستهلاك التيار الكهربائي بواسطة البطارية، تنخفض قيمة الجهد إعتمادا على كمية التيار المستهلك
المقاومة الداخلية (Internal Resistance)	هى المقاومة بين قطبى الأنود والكاثود داخليًا، هذه المقاومة تؤدى الى مفقودات عن خلال تبديد الحرارة. وبالتالي، بالنسبة إلى النظام المثالي، يجب أن تكون المقاومة الداخلية صفرا. عمليا، لا يمكن تصميم بطارية بمقاومة داخلية صفر، لذلك يجب أن تكون منخفضة قدر الإمكان. قيمة المقاومة الداخلية ليست ثابتة، فهي تختلف وفقا لسعة البطارية وعمرها.

جدول (2) تابع تعريفات مصطلحات بطاريات السيارات الكهربائية

المصطلح	التعريف
الطاقة المحددة أو الطاقة النوعية (Specific Energy)	تنتج البطارية قدرة (الجهد × التيار) تستخدم لحساب الطاقة المنتجة لكل وحدة من كتلة حزمة البطارية (وزن البطارية). لذا يجب أن تكون الطاقة المحددة للبطارية عالية قدر الإمكان. . في السيارة الكهربائية، يعتبر وزن البطارية عاملاً مهمًا لأن السيارة يجب أن تحمل البطارية معها. لذا، يجب أن يكون وزن البطارية منخفضًا قدر الإمكان. تحتوي بطاريات الليثيوم على طاقة نوعية عالية جدًا
الطاقة (كيلووات ساعة) Energy Watt hour (kWh)	يتم التعبير عن طاقة بطارية السيارة الكهربائية بالكيلووات ساعة (كيلو وات / ساعة). هذا يشير الى المدة (عدد الكيلومترات) من السيارة الكهربائية. على سبيل المثال، لبطارية من 60 إلى 100 كيلووات في الساعة، تعني أنها يمكن أن توفر طاقة تبلغ 20 كيلو وات لمدة 3 ساعات.
كثافة الطاقة (Energy Density)	هى مقدار الطاقة التي يمكن الحصول عليها لكل وحدة حجم للبطارية. هذا يشير الى حجم البطاريات. يمكن للبطاريات ذات كثافة الطاقة العالية أن تنتج طاقة عالية من مجموعة صغيرة مثل بطاريات الليثيوم
معدل التفريغ الذاتي (Self Discharge rate)	تفقد البطارية بعض طاقتها حتى لو كانت مثالية. لا يمكن تجنب هذا بسبب الخصائص الكيميائية، ولكن يمكن تصميمها لتقليل ذلك.
كفاءة البطارية (Efficiency)	حجم الطاقة التي تستطيع تخزينها البطارية

جدول (3) مصطلحات تحديد كمية الشحنة المتبقية فى حزمة بطاريات السيارات الكهربائية

المصطلح	التعريف
حالة الشحن (State of Charge) (SOC)	هي واحدة من أهم المتغيرات الحيوية المقاسة في البطارية. تشير حالة الشحن الى نسبة الشحن المتبقية فى البطارية. من الصعوبة قياس سعة البطارية (بخلاف سهولة قياس الجهد الكهربي)، وذلك لوجود الكثير من العوامل التى تتحكم في سعة البطارية مثل دورة الشحن ودرجة الحرارة ومعدلات التفريغ الخ. من للطرق الشائعة لتحديد السعة : طريقة حساب الكولوم (Co-lumb counting method) حالة الشحن = إجمالي الشحن الكلى / السعة القصوى
الحالة الصحية (State of Health) (SOH)	تنخفض سعة البطارية مع تقدم العمر ؛ بمتابعة تقدم العمر ، يمكن معرفة متى يتم تغير البطارية. يعتمد معدل عمرالسيارة الكهربائية على درجة حرارة التشغيل – معدل C الذي تعمل عنده البطارية ودورات الشحن وما إلى ذلك. تقيس الحالة الصحية صحة البطارية كنسبة مئوية من عامل عمر البطارية (aging factor). فكلما زاد عمر البطارية، ستكون البطارية أقل صحة
عمق التفريغ (Depth of Discharge) (DOD)	هو مقدار النسبة المئوية للشحنة المستهلكة في البطارية . وهو عكس حالة الشحن (SOC)

من الجداول (1) & (2) & (3) نستنتج الاتى :

- يجب التوقف عن استخدام البطارية أذا أنخفض جهدها عن جهد القطع
- تحدد العاملات : حالة الشحن والحالة الصحية وعمق التفريغ كمية الشحنة المتبقية في البطارية

مقدار التيار الذي يمكن الحصول عليه من البطارية

يستخدم العامل "مقنن C" (rating-C) للبطارية في معرفة حد التيار الأقصى الحالي الذي يمكن الحصولة عليه من البطارية. مثلا إذا وصفت البطارية بـ 2Ah @ 8C، فأن هذا يعني أنه يمكن استخلاص أقصى تيار 16 أمبير من البطارية (8 × 2) ويستمر لمدة 7.5 دقيقة (60 × (16÷ 2)) وذلك طبقا للمعادلة التالية. (مع ملاحظة ان البطارية تكون بحد أقصى لفعاليتها أثناء تقييمات C المنخفضة).

C-rate = Current / Ah Rating

أنواع البطاريات

تصنف البطاريات إلى عدة أنواع حسب نوع المعادن المستخدمة مثل بطاريات الرصاص الحمضية وبطاريات النيكل كادميوم وبطاريات النيكل المعدنية وبطاريات الليثيوم

- بطاريات ايون الليثيوم: توفر أداء إضافيًا وتحمل أعلى سعر، فهي أخف وزنًا من البطاريات الأخرى
- ليثيوم أيون حديد فوسفات
- ليثيوم تيتانيوم
- نيكل منجنيز كوبلت
- بطاريات الرصاص الحمضية: الأكثر شعبية وأرخص وقابلة لإعادة التدوير بنسبة 79%
- بطارية نيكل–هيدريد المعدنية : وتكلف أكثر بكثير من البطاريات الرصاص الحمضية ولكن لها مخرجات أعلى وأداء أفضل.

فيما يلى توضيح لبعض الانواع الشائعة

بطاريات الرصاص الحمضية (Lead - Acid)

يوجد نوعين من هذه البطاريات هما :

1– بطاريات بدء تشغيل محرك السيارة

تصمم مولدات السيارات لتزويد هذه البطاريات بمعدلات شحن عالية مقابل الشحن السريع

2– بطاريات الدورة العميقة

- تحتاج هذه البطاريات إلى شحن متعدد المراحل مختلف.
- أرتفاع التكلفة
- عمر قصير (تحتاج إلى الإستبدال كل 3 سنوات)

تتصف بطاريات الرصاص الحمضية المغمورة بالآتي:

- إنخفاض التكلفة
- عدم التفريغ لأقل من 50% من سعتها
- فحص مستوى الالكتروليت وإستبدال المياه من وقت لآخر
- يؤدي شحن البطاريات وتشغيلها إلى إنبعاث الهيدروجين والأكسجين والكبريت، وهي غير ضارة إذا تم تنفيسها بشكل مناسب

يوضح جدول (4) مميزات وعيوب بطاريات الرصاص الحمضية

جدول (4) مميزات وعيوب بطاريات الرصاص الحمضيه

مميزات	عيوب
• غير مكلفة سواء من الصانع أو عند الإستبدال • تكنولوجيا سهله الفهم • كثافة قدرة مرتفعة • قابلة للتدوير	• ثقيلة وضخمة • كثافة طاقة منخفضة • تتكون من مواد سامة (ولكن سهلة التدوير) • تحتاج للإستبدال عدة مرات خلال عمر تشغيل السيارة

بطاريات الصوديوم (sodium or "zebra" battery)

وفيها يستخدم صوديوم كلور ميثيتات منصهر كالالكتروليت
(a molten chloroaluminate sodium) (NaAlCl4)
والذى يطلق عليه أيضا "الملح الساخن"،

من خصائص هذا النوع :

- يجب تسخين البطاريات للإستخدام
- لا يؤثر الطقس البارد على تشغيلها (إلا في زيادة تكاليف التدفئة)
- غير سامة
- تستمر لعدة ألاف من دورات الشحن
- الحاجة إلى تسخين الإلكتروليت

بطاريات هدريد النيكل المعدنية (Nickel Metal Hydride)

من خصائص هذا النوع:

- إنخفاض الكفاءة
- تفريغ ذاتي عالي
- سوء الأداء في الطقس البارد
- دورات شحن سريع للغاية

يوضح جدول (5) مميزات وعيوب بطاريات هدريد النيكل المعدنية (NiMH)

جدول (5) مميزات وعيوب بطاريات هدريد النيكل المعدنية (NiMH)

المميزات	العيوب
• كثافة طاقة جيدة • لا تأثير على الذاكرة • يمكن إعادة الشحن مئات المرات • عمر تشغيل طويل، مع ضمان الصانع من 8 إلى 10 سنوات • قابلة للتدوير	• تكلفة مرتفعة لإنتاجها وإستبدالها • تفريغ ذاتي بطيء • حساسية ضد درجات الحرارة العالية

بطارية الليثيوم أيون(Lithium ion)

تحتاج السيارة الكهربائية إلى عناصر ثمينة لصنع البطاريات، وفي البداية كانت السيارات الهجينة تعتمد على بطاريات (النيكل – هيدريد فلز) وتحتاج صناعة هذه البطارية إلى معادن يتم الحصول عليها من مناجم بعيدة في أماكن نائية.

واليوم تعتمد السيارات الكهربائية على بطاريات (ليثيوم أيون) وهى أفضل أنواع البطاريات القابلة لإعادة الشحن، هذا النوع من البطاريات تم استخدامه على نطاق واسع منذ عام 1991 والتي تشتمل على عنصر الليثيوم غالي الثمن، وتعد أستراليا أكبر مزود بمادة الليثيوم تتبعها تشيلي ثم الأرجنتين فالصين وزيمبابوي

توجد مادة الليثيوم بكميات محدودة في الطبيعة وهي غير متجددة، كما ترتفع أسعارها باستمرار بسبب الطلب المرتفع من شركات السيارات.

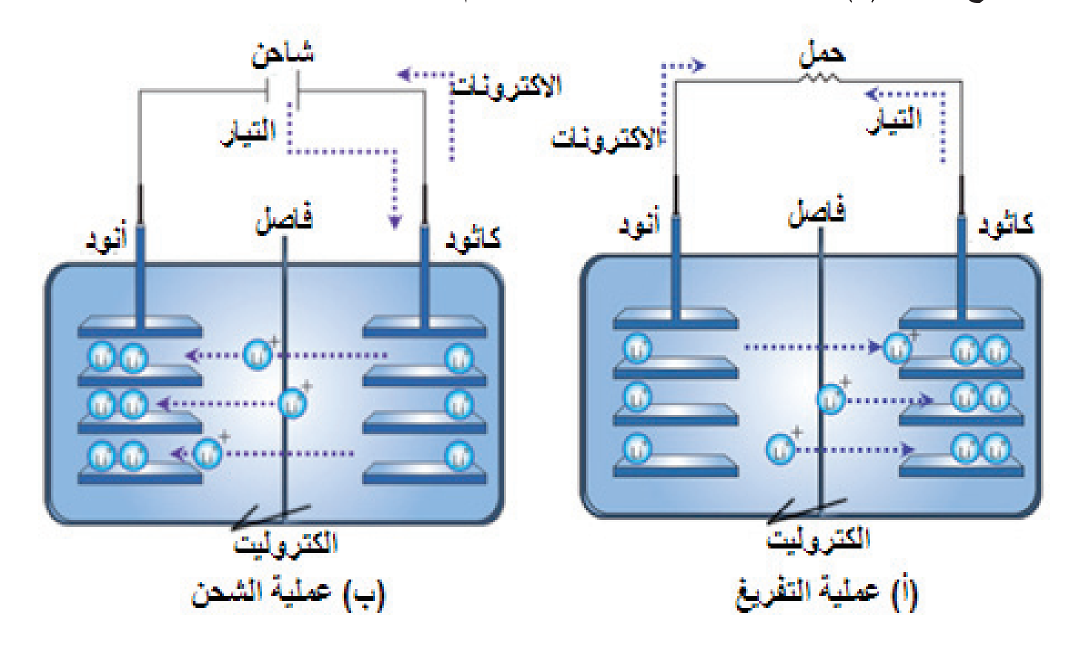
فى بطارية الليثيوم أيون يكون القطب الموجب عادة من مركب كيميائي يسمى أكسيد الليثيوم–كوبالت (LiCoO2) وفي أنواع أخرى فوسفات الحديد الليثيوم (LiFePO4) يصنع القطب السالب عمومًا من الكربون (الجرافيت). ويختلف الإلكتروليت من نوع إلى آخر.

تعمل جميع بطاريات الليثيوم أيون بنفس الطريقة :

- اثناء شحن البطارية، فإن أكسيد الليثيوم– كوبالت المكون للقطب الموجب يعطي بعض من أيونات الليثيوم، التي تتحرك من خلال الإلكتروليت إلى القطب السالب المكون من الجرافيت وتبقى هناك. عندئذ تمتص البطارية طاقة وتخزنها.
- عندما تكون البطارية ليست في حالة شحن؛ تتحرك أيونات الليثيوم مرة أخرى عبر الإلكتروليت إلى القطب الموجب؛ مما ينتج الطاقة التي تعمل على تشغيل البطارية.
- في كلتا الحالتين، تتدفق الإلكترونات في الاتجاه المعاكس للأيونات حول الدائرة الخارجية ولكن لا تتدفق الإلكترونات عبر الإلكتروليت.

يوضح شكل (3) تمثيل عمليتى تفريغ وشحن بطاريات الليثيوم أيون

ويوضح جدول (6) مميزات وعيوب بطاريات الليثيوم أيون (Li - ion)



شكل (3) تمثيل عمليتى تفريغ وشحن بطاريات الليثيوم أيون

جدول (6) مميزات وعيوب بطاريات الليثيوم أيون (Li - ion)

المميزات	العيوب
• كثافة طاقة مرتفعة، نسبة الطاقة إلى الكتلة ممتازة، لذا فهي أخف وزنا عن البطاريات المماثلة لها في القدرة • معدل منخفض للتفريغ الذاتي • لا تأثير على الذاكرة • عمر تشغيل طويل، مع ضمان الصانع من 8 إلى 10 سنوات • يمكن إعادة الشحن مئات المرات	• الأعلى تكلفة • حساسية زائدة لإرتفاع وإنخفاض درجات الحرارة، يؤدي إرتفاع درجة الحرارة الدائمة لإنخفاض سعة التخزين • تحتاج دوائر وقاية وتهوية للتغلب على الحرارة الزائدة، أى إضافة تكاليف • مخاوف الأمان (الحريق) • مدة الصلاحية بدون إستخدام بين 3 إلى 5 سنوات

بطارية الليثيوم وأكسيد الكوبالت Lithium Cobalt Oxide(LiCoO2)

تتكون البطارية من كاثود من أكسيد الكوبلت CoO2 على هيئة طبقات منفصلة، بينما يتكون الأنود من الجرافيت، واثناء الاستخدام تتحرك أيونات الليثيوم من الأنود إلى الكاثود، وأثناء شحن البطارية يحدث العكس.

من عيوب بطارية الليثيوم كوبلت:

– فترة عمر قصيرة نسبيا

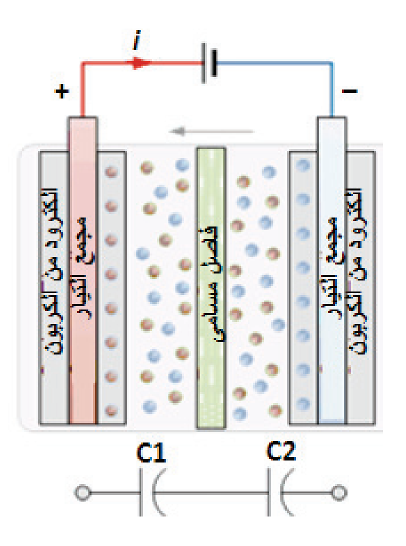
– أنخفاض الاستقرار الحراري

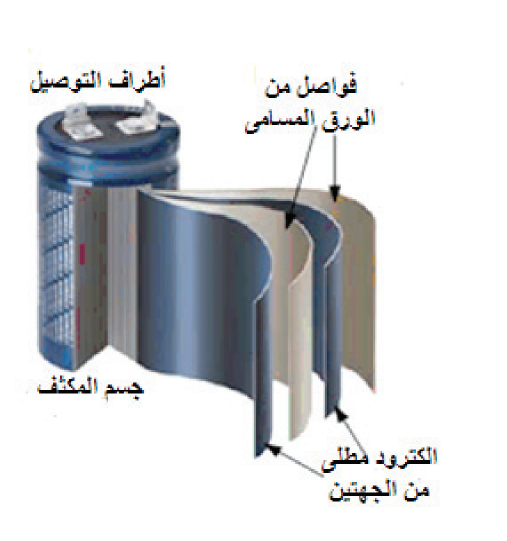
– تتحمل قدرات محدودة

– عند تطبيق تيارات عالية على البطارية لكي تشحن بسرعة؛ فإن ذلك يؤدي إلى رفع درجة الحرارة؛ مما يؤدي إلى مشاكل فيها.

ولكن تم تحسين خصائها عن طريق إضافة بعض العناصر للبطارية مثل النيكل أو المنجنيز أو الألمونيوم وقد أدى ذلك أيضا إلى خفض التكاليف.

يصنف المكثف فائق السعة (ultra capacitor or Gold cap or super capacitor) من ضمن انواع البطاريات والذى يمتاز بان له سعوية اكبر كثيرا من انواع المكثفات الاخرى (ولكن له حدود جهد منخفضة) ويستخدم لتخزين الطاقة الكهربائية، يوضح شكل (4) مكونات مكثف فائق السعة والدائرة المكافئة
يوضح الجدولين (7) & (8) مقارنة بين خصائص بطاريات السيارات الكهربائية
ويبين جدول (9) أنواع الفلزات وتعريفاتها المستخدمة في بطاريات السيارات الكهربائية





شكل (4) مكثف فائق السعة (ultra-capacitor)

جدول (7) مقارنة بين خصائص بطاريات السيارات الكهربائية

الخاصية	بطارية الليثيوم أيون Lithium) (Ion	بطارية نيكل - معدنية (Nickel - Metal)	بطارية الرصاص الحمضية (Lead - Acid)	مكثفات فائقة السعة (ultra-capacitors)
سهولة الإستعمال/ غير مكلف	√	×	√	×
كفاءة الطاقة	√	√	√	√
الأداء في درجة الحرارة	√	×	×	√
الوزن	√	√	√	√
دورة الحياة	√		√	×

جدول (8) الخصائص الفنية لبعض أنواع بطاريات السيارات الكهربائية

الخاصية	بطاريات رصاص حمضية	بطاريات نيكل هيدريد المعدنية	بطاريات الليثيوم أيون
الجهد (V)	2.1	1.2	3.2
كثافة الطاقة (Wh /kg)	35	80	150- 200
كثافة القدرة (w /kg)	110	230	500
عمر التفريغ	400	700	1000
معدل الشحن	متوسط	عالي	متوسط
التكلفة	منخفض	متوسط	متوسط
الأمان	عالي	عالي	متوسط
إنبعاث عادم	عالي	منخفض	منخفض

جدول (9) أنواع الفلزات وتعريفاتها المستخدمة في بطاريات السيارات الكهربائية

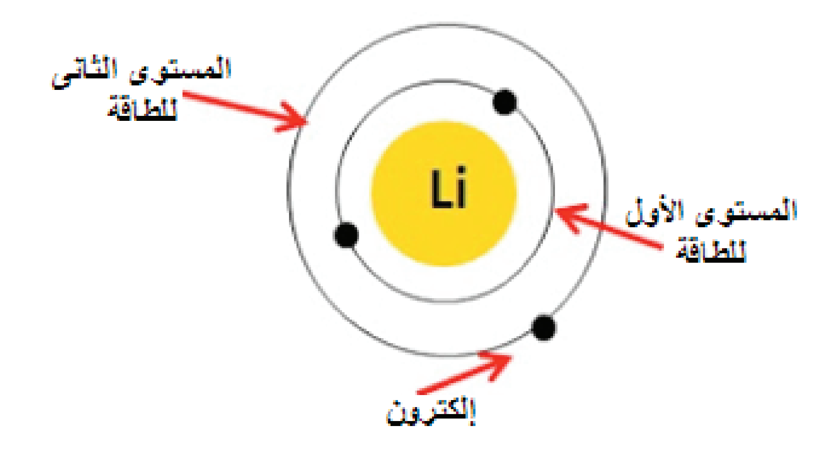
العنصر	الرمز	التعريف
ليثيوم (Lithium)	Li	عنصر فلزي. عدده الذري 3 وهو أخف العناصر الفلزية المعروفة وزنا
كوبالت (Cobalt)	Co	عنصر فلزي، عدده الذري 27، لونه ضارب إلى الرمادي. صلد، وهو فلز مغناطيسي يستخدم في إنتاج السبائك وأنواع الفولاذ
منجنيز (manganese)	Mn	عدده الذري 25، يوجد في الطبيعة على هيئة أكاسيد. وهو عنصر لا غنى عنه في إنتاج سبائك الصلب.

حديد (Iron)	Fe	عنصر فلزي، عدده الذري 26، مادة إنشائية هامة، مركباته ضرورية لصور الحياة العليا
فوسفات (phosphate)	PO4	مادة طبيعية، تتكون بشكل أساسي من فوسفات ثلاثي الكالسيوم وهو قليل الذوبان في المياه
نيكل (Nickel)	Ni	عنصر فلزي، عدده الذري 24، يستخدم في إنتاج عدد من السبائك، وعاملا مساعدا في التفاعلات العضوية
ألومنيوم (Aluminum)	Al	فلز خفيف، عدده الذري 13، له إستخدامات مهمه في صناعات كثيرة.
تيتانيوم (Titanium)	Ti	عنصر فلزي، عدده الذري 22، له مقاومة ممتازة للتآكل، من إستخداماته الرئيسية إنتاج السبائك
الرصاص (Lead)	Pb	عنصر فلزي، عدده الذري 82، يستخدم في العديد من الصناعات وفي ألواح البطاريات
صوديوم (Sodium)	Na	عنصر فلزي، عدده الذري 11، يتفاعل بشدة مع المياه مكونا هيدروكسيد الصوديوم والهيدروجين، يستعمل عاملا مختزلا

المرجع: معجم مصطلحات التكنولوجيا الكيميائية (مؤسسة الأهرام)

يوجد العديد من انواع البطاريات المستخدمة فى السيارات الكهربائية، يوضح الجدولين (10) & (11) خصائص بعض أنواع بطاريات الليثيوم. يلاحظ ان البطاريات الليثيوم كوبالت الألومنيوم هو الأكثر استخداما بسبب انخفاض تكلفة الليثيوم. ومن أحد الأشياء الشائعة نلاحظ أن الليثيوم موجود في مكونات جميع البطاريات. هذا بسبب ان عدده الذري 3 وتوزيعات الإلكترون في ذرة الليثيوم، يوضح شكل (5) توزيع الإلكترونات فى ذرة الليثيوم، وانه أخف العناصر الفلزية المعروفة وزنا.

(العدد الذري أو الرقم الذري هو مصطلح يستخدم في الكيمياء والفيزياء ليمثل عدد البروتونات الموجودة في نواة الذرة، وهو في الوقت نفسه يمثل العدد الكلي للإلكترونات في الذرة المتعادلة الشحنة. يحدد العدد الذري نوع العنصر الكيميائي في الجدول الدوري).



شكل (5) توزيع الإلكترونات فى ذرة الليثيوم

جدول (10) خصائص بعض أنواع بطاريات الليثيوم

البطارية	الرمز	المواد المستخدمة	كثافة الطاقة	أقصى جهد	ملاحظات
ليثيوم أكسيد الكوبالت Lithium Cobalt oxide	LCO	$Li\ Co\ O_2$ (60% Co)	180 Wh/kg	4.35 V	سعة عالية
ليثيوم فوسفات حديد Lithium Iron Phosphate	LFP	$Li\ Fe\ PO_4$	110 Wh/kg	3.6 V	أقل سعة –آمن –مكلف –عمر تشغيل طويل
ليثيوم منجنيز أكسيد كوبلت نيكل Lithium Nickel Cobalt Man- ganese oxide	NMC	$Li\ Ni\ Mn\ CoO_2$ (10- 20% Co)	حتى 200 Wh/kg	4.2 V	مثل السابق
ليثيوم أكسيد منجنيز Lithium Manganese oxide	LMO	$Li\ Mn_2\ O_4$	120 Wh/kg	4.2 V	مثل السابق
ليثيوم تيتانات Lithium Titanate	LTO	Li4 Ti5 O12	----	2.85 V	مثل السابق

جدول (11) خصائص بعض أنواع بطاريات الليثيوم

النوع	الرمز	الجهد		عدد الدورات
		الاسمي	مدى التشغيل النموذجي لكل خلية	
ليثيوم أكسيد الكوبالت ($Li\ Co\ O_2$)	LCO	3.6V	3.0 - 4.2V	1000 - 500 (إعتمادا على عمق التفريغ والحمل ودرجة الحرارة)
ليثيوم أكسيد منجنيز ($Li\ Mn_2\ O_4$)	LMO	3.7V (3.8V)	3.0 - 4.2V	700 - 300 (إعتمادا على عمق التفريغ والحمل ودرجة الحرارة)
ليثيوم ألومنيوم أكسيد كوبالت نيكل ($Li\ Ni\ Co\ Al\ O_2$)	NCA	3.6V	3.0 - 4.2V	500 (إعتمادا على عمق التفريغ والحمل ودرجة الحرارة)
ليثيوم منجنيز أكسيد كوبالت نيكل ($Li\ Ni\ Co\ Mn\ O_2$)	NMC	3.6V ، 3.7V	3.0 - 4.2V أو أعلى	2000 - 1000 (إعتمادا على عمق التفريغ والحمل ودرجة الحرارة)

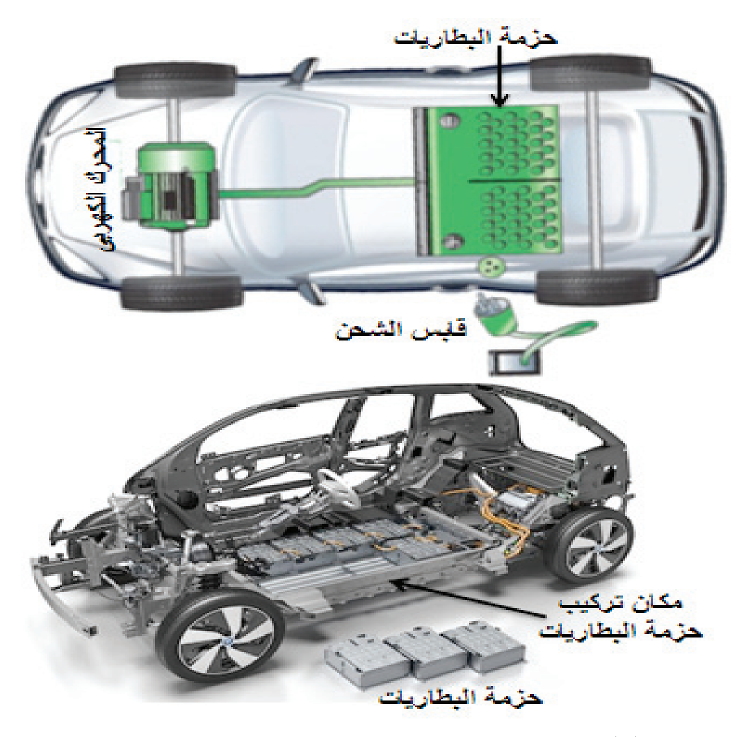
ليثيوم أيون فوسفات ($Li\ Fe\ PO_4$)	LFP	3.2V ، 3.3V	2.5 - 3.65V	2000 - 1000 (إعتمادا على عمق التفريغ والحمل ودرجة الحرارة)
ليثيوم تيتانات (Li4Ti5 O12)	LTO	2.4V	1.8 - 2.85V	7000 - 3000

تستخدم السيارات الكهربائية الحديثة بطاريات الليثيوم لتشغيلها، كل بطارية تعرف بالخلية (cell) لها جهد مخرج يساوى حوالي 3.7 فولت، يوجد الانواع التالية من خلايا البطارية :

- خلية على شكل جراب(Pouch)
- خلية على شكل منشورى (Prismatic)
- خلية على شكل اسطوانى (cylindrical)

ولتحقيق جهد ذات فولتية عالية لتشغيل سيارة كهربائية، مثلا حوالي 300 فولت، يتم دمج خلايا الليثيوم في مزيج يحتوى على توصيل خلايا على التوازي وعلى التوالى لتشكيل الوحدات (modules)، ويتم ترتيب هذه الوحدات (الموديولات) جنبا إلى جنب مع بعض بالاضافة الى دوائر حماية ونظام تبريد في غلاف هيكلى ميكانيكي يعرف بحزمة البطارية (Battery pack)

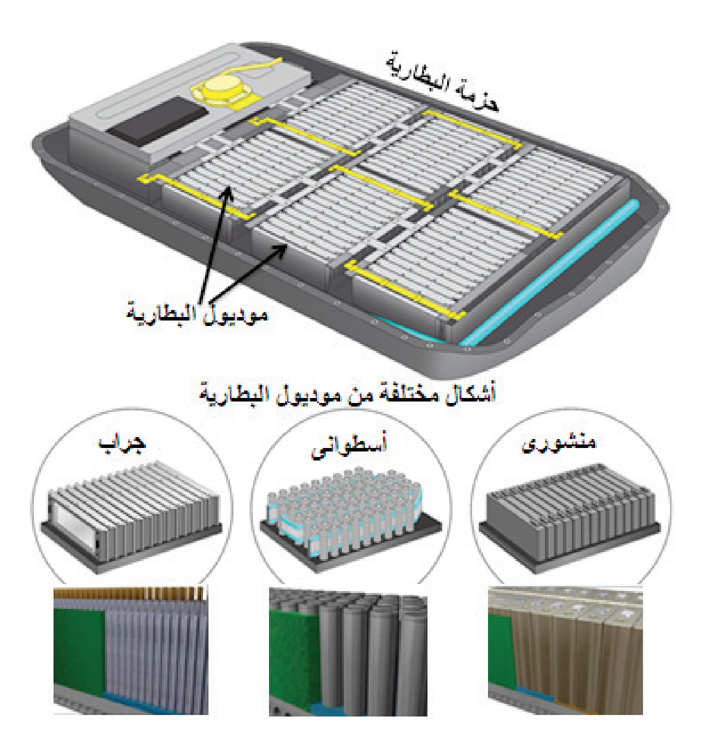
يوضح شكل (6) حزمة البطاريات ومكان تركيبها فى السيارة الكهربائية



شكل (6) حزمة البطاريات ومكان تركيبها فى السيارة الكهربائية

يوضح شكل (7) أشكال لموديولات البطاريات المحتوية على انواع الخلايا المختلفة (جراب - أسطوانى - منشورى)

ويوضح جدول (11) مميزات وعيوب أنواع خلايا البطاريات



شكل (7) أشكال لموديولات البطاريات المحتوية على انواع الخلايا المختلفة

جدول (11) مميزات وعيوب أنواع خلايا البطاريات

نوع الخلايا	المميزات	العيوب
منشورى - كبير	– الافضل من حيث قابلية التوسع – ارتفاع دورة العمر	أرتفاع التكلفة (حاليا)
جراب - كبير	اختلاف في عامل الشكل والسطح، السطح ليس خشن	– ارتفاع التكلفة – صعوبة الاحجام الكبيرة
أسطوانى - صغير	– الارخص – منتج سلعى	نظام إدارة البطارية (BMS) يحتاج للتطوير

يوضح شكل (8) مكونات حزمة بطارية تتكون من خلايا جراب ووحدات (أو موديول)، يتم وضع العديد من هذه الوحدات في حزمة واحدة. داخل كل وحدة، يتم لحام الخلايا معا لإكمال المسار الكهربائي لتدفق التيار. يمكن للوحدات أيضًا دمج انظمة التبريد وأجهزة عرض درجة الحرارة وغيرها من الأجهزة. وفي معظم الحالات، تسمح الوحدات أيضًا بمراقبة الجهد الناتج عن كل خلية بطارية بواسطة نظام إدارة. تحتوي مجموعة خلايا البطارية على مصهر (fuse) رئيسي يحد من تيار الحزمة تحت حالة دائرة قصر كهربائية. يمكن إزالة «قابس الخدمة» أو «قطع الخدمة» لتقسيم كومة البطارية إلى نصفين معزولين كهربائيًا.

نظام إدارة البطارية Battery Management System (BMS)

أو وحدة مراقبة البطارية Battery Management Unit (BMU)

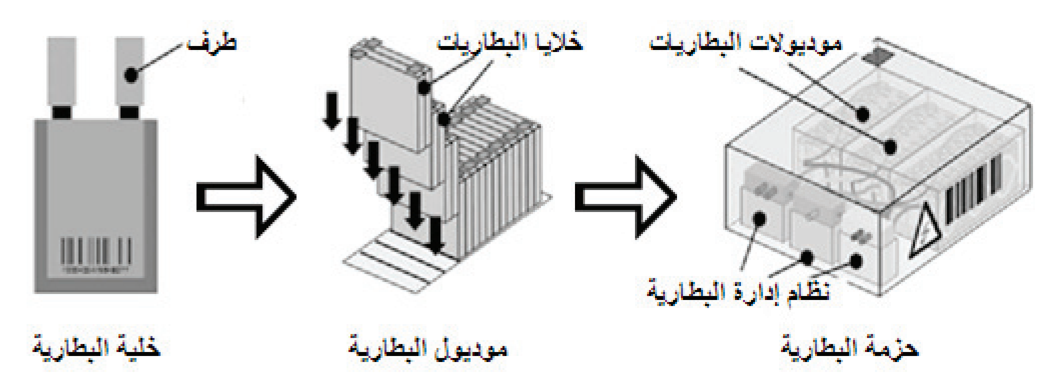
يعتبر هذا النظام بمثابة عقل البطارية. هو عبارة عن دائرة مدمجة مع خوارزمية تراقب الجهد والتيار ودرجة حرارة الخلايا في حزمة البطارية وتضمن أداء وسلامة الخلايا الفردية في الحزمة. حيث تحتوي حزمة البطارية على مجموعة متنوعة من أجهزة استشعار درجة الحرارة والجهد والتيار. يتم جمع البيانات من أجهزة استشعار الحزمة وتفعيل مرحلاتها بواسطة نظام ادارة البطارية كما أنه مسؤول عن موازنة قياس الشحن وحالة الشحن (SOC) (State of Charge) والحالة الصحية (SOH) (State of Health) للخلايا ومسؤول أيضًا عن الاتصالات مع العالم خارج حزمة البطارية ويتحكم في نظام التبريد الموجود، وغيرها من الوظائف الهامة.

موازنة الخلايا هي مهمة أخرى تقوم بها BMS، حيث أن خلايا متعددةٍ يتمٍ دمجها في سلسلة لتشكيل حزمة البطارية. ولذا يجب أن يكون الجهد الكهربي لكل الخلايا متساوياً دائماً.

يبين شكل (9) خطوات تكوين حزمة بطارية



شكل (8) مكونات حزمة بطارية تتكون من خلايا جراب



شكل (9) خطوات تكوين حزمة بطارية

يوضح شكل (10) رسم توضيحى لمكونات حزمة بطارية لسيارة (Tesla Model S) ويبين الشكل :

- نوع الخلايا اسطوانية طراز ليثيوم أيون 650 - 18 وهى تقريبا فى حجم البطارية AA المستخدمة فى ريموت التليفزيون
- الموديول يتكون من 444 خلية بطارية
- الحزمة تحتوى على 16 موديول
- الوزن الكلى لحزمة البطارية 1200 باوند
- اجمالى عدد الخلايا بالحزمة 7104 خلية
- كمية الليثوم الكلية بالحزمة 15 باوند (7 كجم) اى حوالى وزن كرة البولينج

ويوضح شكل (11) مكونات خلية بطارية ليثيوم أيون 650 - 18 ونسبة المواد الفعالة

الكربون هو المادة المستخدمة فى عمل الأنود والمتواجدة فى 95% من بطاريات السيارات بالسوق ، وذلك لخصائصها التالية :

- آمن بفضل تشكيل طبقة واقية على الالكترود
- دورة عمر جيدة
- فقد القدرة غير المرتجعة مقبول
- التغير فى الحجم منخفض خلال دورة العمر
- اقتصادى – متوفر بكثرة

ومن عيوبها :

- قدرة الثقل النوعى محدودة نسبيا
- كفاءة محدودة
- معدلات شحن محددة نتيجة مخاطر تشكيل تشعبات الليثيوم

أنواع خلية بطارية ليثيوم أيون650 – 18

أغلب السيارات الكهربائية تستخدم خلايا طراز 18650 (مقاس : 18مم قطر × 65 مم أرتفاع) والتى لها اشكال متعددة، كما فى شكل (12)، وسعات وجهود مختلفة تبعا للتطبيقات المختلفة.

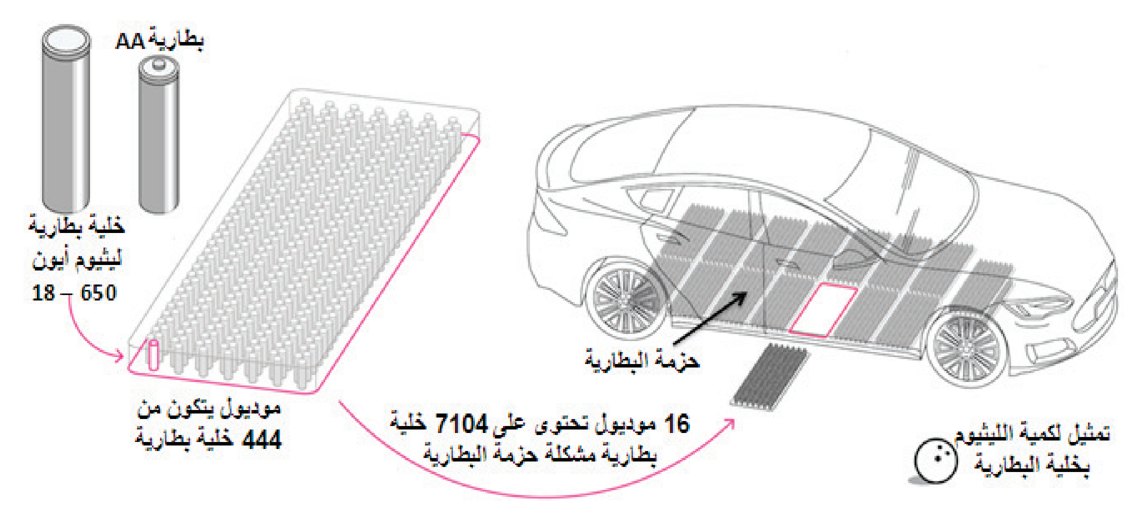
تصنف من حيث مادة الالكترويت الى :

- بطاريات ليثيوم أيون سائلة liquid lithium-ion batteries (LIB)
- بطاريات ليثيوم أيون بوليمر polymer lithium-ion batteries (PLB)

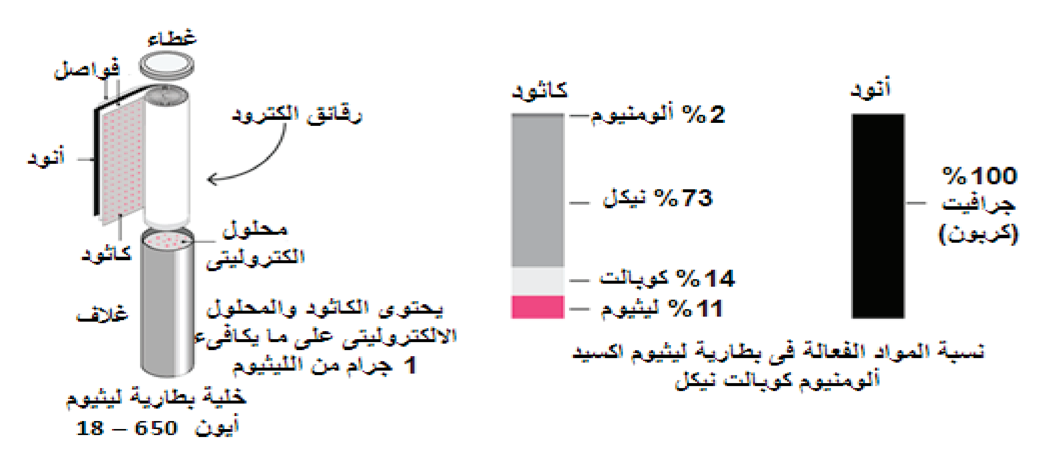
وتصنف من حيث السعة الى :

2000mAh، 2200mAh، 2600mAh، 2900mAh، 3000mAh، 3200mAh، 3400mAh، 3500mAh ....، ....

يوضح شكل (13) أنواع مختلفة من حزم بطاريات



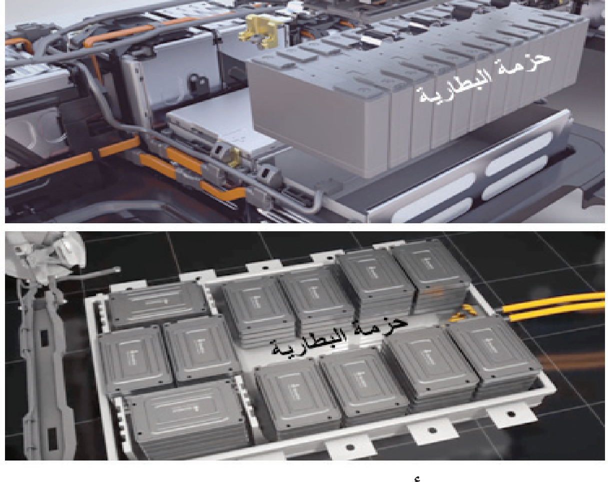
شكل (10) رسم توضيحى لمكونات حزمة بطارية لسيارة (Tesla Model S)



شكل (11) مكونات خلية بطارية ليثيوم أيون 650 – 18 ونسبة المواد الفعالة



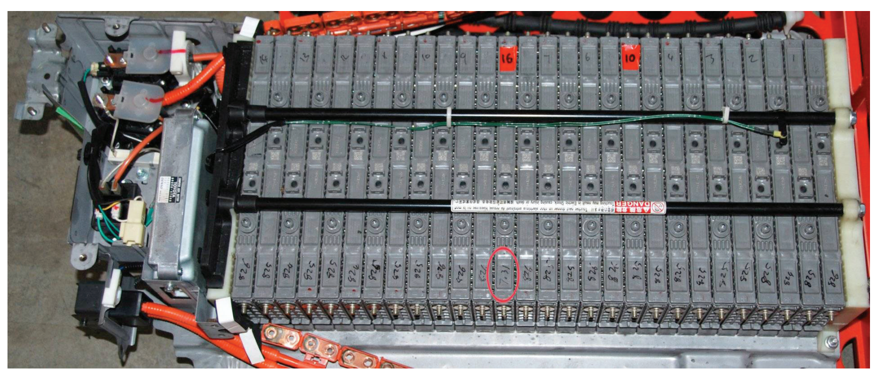
شكل (12) أشكال خلية بطارية ليثيوم أيون 650 – 18



شكل (13) أنواع مختلفة من حزم بطاريات

مثال لحزمة بطارية جهد عالي وتيار عالي (هجين) (HYBRID BATTERY PACK)
يوضح شكل (14) مثال لحزمة بطارية تتكون من بطاريات مصنوعة من النيكل (Nickel-Metal Hydride) قابلة للشحن وتحتوي كل بطارية على خلايا منفصلة وموصولة على التوالي مع بعضها البعض وتخزين تيارسريع وتكون هذه البطارية موجودة في اغلب السيارات تحت الكرسي الخلفي ومزودة بمراوح للتبريد من اجل ابقاء درجة حرارة البطارية منخفضة. مثلا تحتوي الحزمة على 28 وحدة (موديول) وجهد الوحدة 7.2 فولت والموديول الواحد يحتوي على 6 خلايا قابلة للشحن بجهد 1.2فولت باجمالى جهد 201.6 فولت للحزمة

بيانات الحزمة :
- السعة = 6.5 Ah
- مقنن اقصى قدرة= 36 hp/27kw
- اقصى جهد للنظام= 650 volt



شكل (14) مثال لحزمة بطارية

تنتج درجات حرارة مرتفعة فى خلايا البطاريات نتيجة :
- مقاومة المكونات المختلفة للخلية (الالكترود - الكاثود - الأنود. . .) والتى يمكن تقليلها بمرور تيار منخفض بالخلايا
- التأثيرات المتدهورة فى الخلايا (تفاعلات طاردة للحرارة فى الخلية نتيجة تحول الايونات والالكترونات)

ولذا تحتاج حزمة البطاريات الى أدارة حرارية ويتم ذلك باستخدام انظمة التبريد
نظام تبريد بطارية السيارة الكهربائية (Electric Vehicle Battery Cooling System)
تستخدم المركبات الكهربائية بطاريات كبيرة لتخزين الطاقة. تتدفق الطاقة إلى حزمة البطارية حيث يتم شحنها إما من فرامل التجديد (regenerative braking) أو من الشبكة وتفريغها من حزمة البطارية لتشغيل السيارة ويتم قياس الملحقات الخاصة بها بالتيار الكهربائي والجهد. يؤدي تدفق التيار إلى تسخين خلايا البطاريات وأنظمة التوصيل الداخلى لها والتي تتناسب مع حاصل ضرب مربع تيار التدفق والمقاومة الداخلية للخلايا وأنظمة التوصيل الداخلية. كلما زاد تدفق التيار كلما زاد تأثير التسخين.

بدرجة كبيرة يتأثر أداء خلايا بطارية ليثيوم أيون بدرجات حرارتها، فهي تعاني من تأثير معتدل، ولا تؤدي أداءً جيدًا عندما تكون شديدة البرودة أو شديدة الحرارة، مما قد يؤدي إلى تلف دائم وشديد

للخلايا أو تدهور سريع. لذلك بالإضافة إلى التبريد، قد يكون تسخين الخلايا مطلوبًا أيضًا في درجات حرارة منخفضة للمحيط لمنع التلف أثناء الشحن السريع عندما تكون الخلايا باردة جدًا ؛ وذلك لأن المقاومة الداخلية للخلايا ترتفع عندما تكون باردة. لا يمكن شحن معظم خلايا بطاريات الليثيوم بسرعة عندما تقل عن 5 درجات مئوية ولا يمكن شحنها على الإطلاق عندما تكون أقل من 0 درجة مئوية. تبدأ خلايا الليثيوم أيضًا في التدهور بسرعة عندما تزيد درجة حرارتها عن 45 درجة مئوية.

يوجد 3 طرق شائعة لإدارة البطارية الحرارية (battery thermal management) تستخدم اليوم:

- الحمل الحراري للهواء إما القسرى (forced) أو غير قسرى.
- التبريد عن طريق تشبع البطارية بزيت عازل يتم ضخه بعد ذلك إلى نظام مبادل حراري.
- التبريد عن طريق تدوير سائل التبريد (قاعدة المياه) من خلال مسارات التبريد داخل هيكل البطارية
- يراقب نظام إدارة البطارية (BMS) درجة حرارة الخلايا ويتحكم في نظام التبريد الموجود فمثلا فى نموذج (Tesla S) والذى لديه نظام تبريد سائل جليكول (Glycol) داخل حزمة البطارية التي يتم التحكم فيها من قبل (BMS) لا يقوم نظام التبريد بتبريد البطارية فحسب بل أيضًا بتسخينها إلى درجة الحرارة الاسمية إذا لزم الأمر خلال فصل الشتاء.

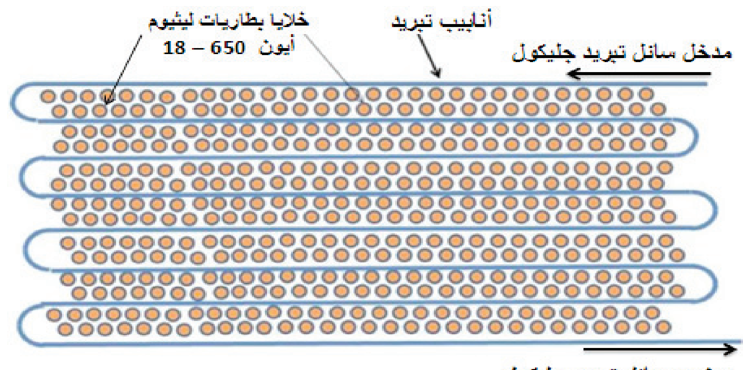
الجليكول هو سائل تبريد غير قابل للذوبان يستخدم بشكل متكرر في نقل الحرارة وتطبيقات التبريد. يوفر معلمات نقل حرارة أفضل من الماء، ويمكن خلطه بالماء لتوفير مجموعة متنوعة من خصائص نقل الحرارة. جليكول يأتي في نوعين: الإيثيلين جليكول والبروبيلين جليكول

يوضح شكل (15) نظام تبريد بأستخدام سائل تبريد جليكول لحزمة بطاريات

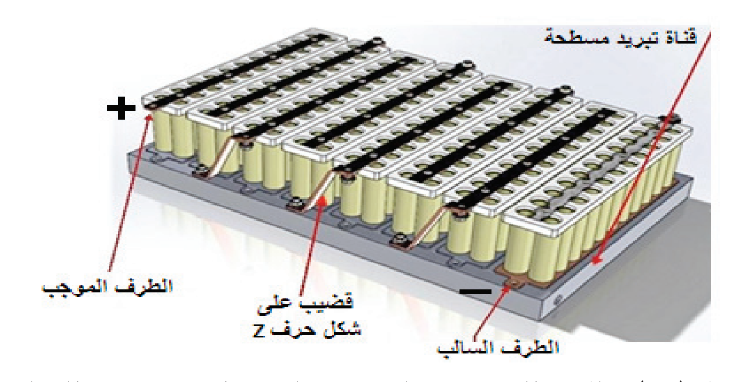
ويبين شكل (16) مثال لنظام تبريد عبارة عن قناة مسطحة لحزمة بطاريات

ويوضح جدول (12) مميزات وعيوب نظام التبريد بالسائل

بينما يبين جدول (13) مميزات وعيوب نظام التبريد بالهواء



شكل (15) نظام تبريد بأستخدام سائل تبريد جليكول لحزمة بطاريات



شكل (16) مثال لنظام تبريد عبارة عن قناة مسطحة لحزمة بطاريات

جدول (12) مميزات وعيوب نظام التبريد بالسائل

المميزات	العيوب
– درجة حرارة الحزمة تكون اكثر توزيعا واستقرارا حراريا – قدرة جيدة لنقل الحرارة – تحكم حرارى أفضل – انخفاض قدرة الضخ – حجم اقل وتصميم مضغوط	– مكونات اضافية – الوزن – الموصولية السائلة – العزل الكهربى – احتمال التسرب – صيانة عالية – لزوجة مرتفعة عند درجات الحرارة الباردة – تكلفة عالية

جدول (13) مميزات وعيوب نظام التبريد بالهواء

المميزات	العيوب
– تذهب كل الحرارة المفقودة الى الهواء – غير مطلوب فصل مواسير التبريد – انخفاض كتلة الهواء ونظام التوزيع – لا يسبب التسريب قلق – تصميم بسيط – تكلفة منخفضة – صيانة سهلة	– مقدرة منخفضة لنقل الحرارة – تغيرات عالية فى درجة حرارة الحزمة – متصل بغرفة تحكم درجة الحرارة – امكانية تنفيس غاز البطارية فى الحيز المحيط – قدرة المروحة عالية – ضوضاء المروحة



الباب السادس

شحن السيارات الكهربائية

ELECTRIC VEHICLES CHARGING



الباب السادس

شحن السيارات الكهربائية

ELECTRIC VEHICLES CHARGING

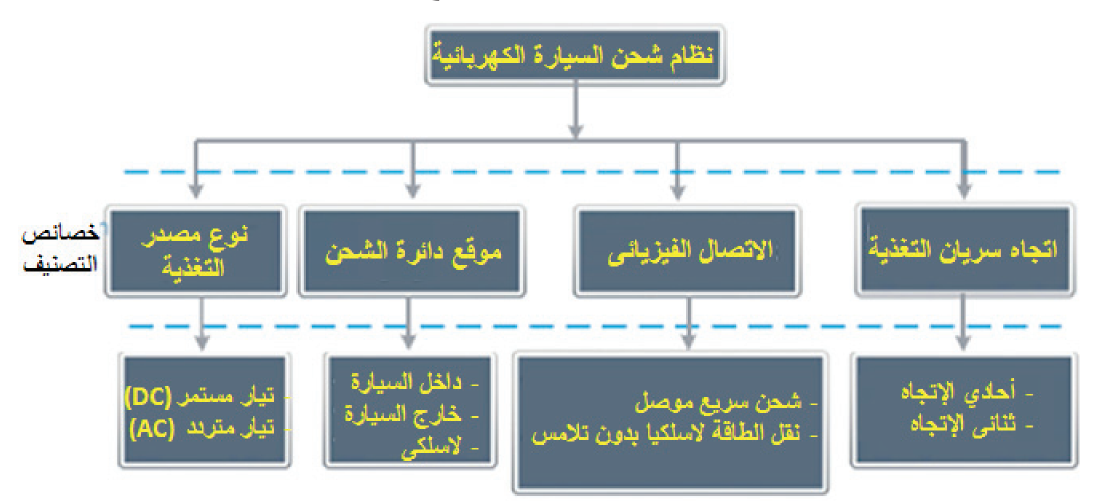
يزداد الإقبال حاليا على السيارات الكهربائية، لما تتميز به من جوانب اقتصادية وايجابيتها للحفاظ على البيئة من حيث التلوث البيئي وتقليل استخدام الوقود الأحفوري، وأكثر ما يهتم به مَن يخطط لشراء هذه السيارات هو كيفية الشحن وأماكن وعدد محطات الشحن وتكلفة الشحن ومدى السير (كيلومتر) المقابل لعملية الشحن.

يتم شحن السيارة الكهربائية بنفس طريقة شحن أي جهاز كهربائي يعمل بالبطارية (بالتيار المستمر) (DC)، أي عن طريق توصيل قابس (plug) كابل الشحن، بقاعدة الشحن بمحطة الشحن، وعادة ما يتم تضمين كابل الشحن في صندوق الأمتعة بالسيارة. وعادة ما يستدل إلى عملية الشحن الجارية عن طريق مصابيح(LED) صغيرة على المقبس (socket)، والتي تبدأ في الإضاءة عند بداية تدفق تيار الشحن، ويتم معرفة حالة الشحن عبر شاشات العرض داخل السيارة، وتوفر بعض السيارات الكهربائية برمجة مسبقة لعملية الشحن، وأحيانا عن طريق تطبيق الشركة المنتجة للسيارة.

إن الخطوة الهامة التي تسعى من خلالها الدول لتسريع وتيرة انتشار تكنولوجيا السيارات الكهربائية هى انشاء البنية التحتية المتمثلة في محطات الشحن وقدراتها الزمنية لشحن السيارات.

يوضح شكل (1) تصنيف البنية التحتية لشحن السيارات الكهربائية

نتيجة التطور السريع فى عمليات وتكنولوجيا شحن السيارات الكهربائية، ظهر الكثير من المصطلحات والتعبيرات المختلفة. سنتعرض فيما يلى لجميع هذه التعريفات



شكل (1) تصنيف البنية التحتية لشحن السيارات الكهربائية

محطات الشحن (Charging Stations)
ممكن أن تتواجد محطات الشحن فى تجمع خاص بها، أو فى محطة تموين السيارات أو تكون ملحقة بالمنزل أو المصنع أو الشركة، يوضح شكل (2) تمثيل لمكونات تجمع محطات الشحن

بعض نقاط الشحن يتم ربطها بنظام ذكى يساعد على معرفة صاحب السيارة للنقاط الأقرب له وأى منها مشغول، كما يتم إرسال رسالة عبر التليفون الجوال لقائد السيارة عندما تنتهى عملية الشحن.

تجمع الشحن (Charging Pool)
يعرف تجمع الشحن بالموضع/ العنوان والإحداثيات الجغرافية.

- يتكون من محطة شحن أو عدة محطات، ويستوعب مواقف السيارات
- يعمل تجمع الشحن بواسطة مشغل نقطة شحن واحد
(change point operator) (cpo) عند موقع / عنوان واحداثيات جغرافية
- له صلة بـ "عرض الخرائط" وأدوات التوجيه وجميع المميزات تمثل عنصر البنية التحتية للشحن على الخريطة.

محطة الشحن (Charging Station)

محطة شحن السيارة الكهربائية (EVCS) (Electric Vehicle Charging Station)

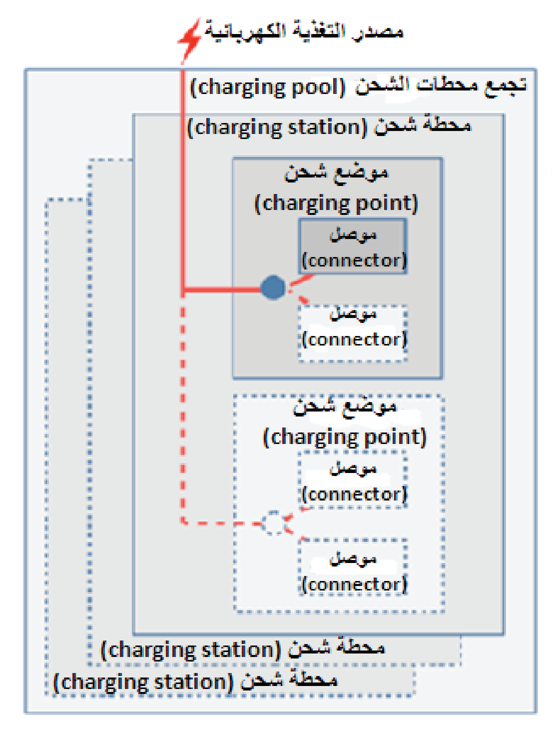
محطة الشحن هي غرض مادي، تحتوي على محطة شحن واحدة أو أكثر، وواجهة مستخدم واحدة. بعض محطات الشحن تحتوي على قارئ إشارة، وشاشات عرض، وبعض المحطات تحتوي على قابس / شاحن بدون شاشات أو أزرار (Buttons)

نقطة الشحن / موضع الشحن/ معدات تزويد السيارات الكهربائية

(Charging point/ Charging Station/ Electric Vehicle Supply Equipment) (EVSE)

توصل (تغذي) الطاقة الكهربائية إلى السيارة من خلال نقطة الشحن. قد تحتوي نقطة الشحن على موصل واحد أو عدة موصلات (Connectors) [مخارج (Out lets) أو مقابس (Plugs)]

ولإستيعاب الأنواع المختلفة من الموصلات، يتم استخدام نقطة شحن واحدة فقط في نفس الوقت. تعرف نقطة الشحن عن طريق: شحن سيارة واحدة في وقت واحد. بمعنى آخر: في كل محطة شحن، يكون عدد نقاط الشحن وأماكن وقوف السيارات (المخصصة) متساوية.



شكل (2) تمثيل لمكونات تجمع محطات الشحن

محطات الشحن بالتيار المستمر (DC) وبالتيار المتردد (AC)

توجد محطات شحن السيارات الكهربائية بعدة أنواع وسرعات مختلفة (أو مستويات) للشحن. وتصنف معظم محطات الشحن إلي واحد من نوعين:

1. محطات الشحن بالتيار المتردد (AC)، والتي تزود شاحن داخل السيارة (on-board charger) بطاقة التيار المتردد (AC) من شبكة الكهرباء العامة
2. محطات الشحن بالتيار المستمر (DC)، والتي تزود تيار مستمر مباشر (DC) لشحن نظام بطارية خارج السيارة (OFF - board)

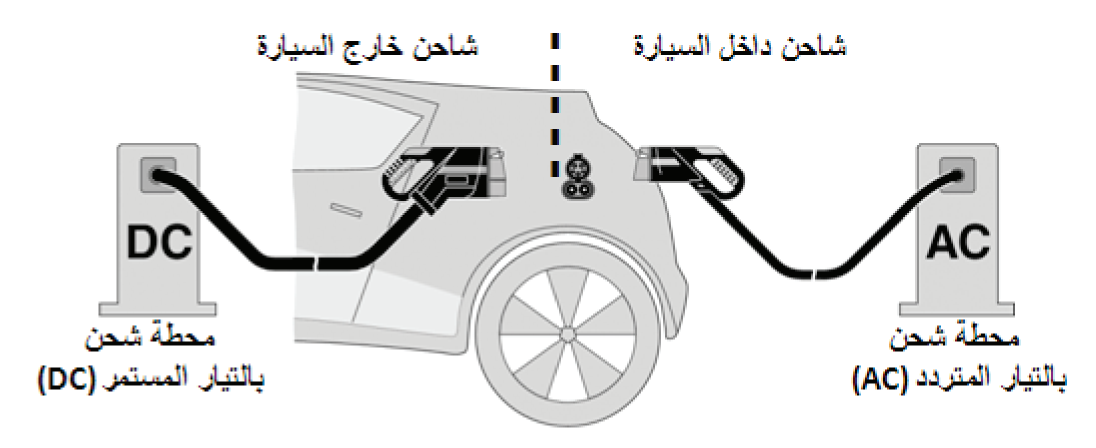
يوضح شكل (3) تمثيل محطات الشحن بالتيار المستمر (DC) وبالتيار المتردد (AC)

قد تختلف محطات الشحن في التصميم الهندسي، لكنها تحقق ثلاثة أهداف أساسية لتكون حلاً قابلاً للتطبيق وتحافظ على أن تعمل السيارة الكهربائية دون مشاكل. ولذا يجب أن تكون مصممة لتحقق :

1- السلامة

2- الكفاءة

3- الموثوقية (reliability)



شكل (3) تمثيل محطات الشحن بالتيار المستمر (DC) وبالتيار المتردد (AC)

محطات شحن التيار المتردد (AC)

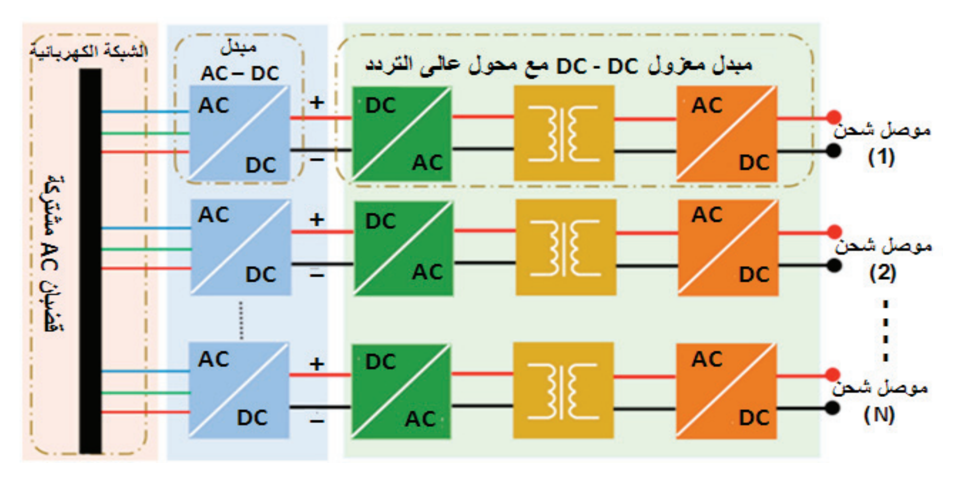
يتمثل عمل محطة شحن التيار المتردد في توفير الطاقة بأمان من شبكة الكهرباء العامة إلى الشاحن الموجود داخل السيارة (on-board charger) ويقوم شاحن السيارة بدوره بتحويل طاقة التيار المتردد (AC) إلى طاقة تيار مستمر (DC) لشحن بطارية السيارة. ونظرًا لقيود المساحة والوزن في السيارة، لذا عادة ما يقتصر الشاحن الموجود داخل السيارة على كميات أقل من الطاقة (22 كيلو وات أو أقل)، والاكثر شيوعا وهو 7 كيلو وات (أو 32 امبير)، وبالتالي زمن شحن بطيء (عدة ساعات).

محطات شحن التيار المستمر (DC)

يتمثل عمل محطة شحن التيار المستمر في تحويل الطاقة من الشبكة الكهربائية (طاقة التيار المتردد) إلى طاقة التيار المستمر التي يمكن إدخالها مباشرة في نظام بطارية السيارة لشحن البطارية. بما أن التحويل من التيار المتردد إلى تيار مستمر يتم في محطة الشحن خارج السيارة، يمكن لهذه الشواحن توفير مستويات عالية من القدرة (من 50 كيلو وات إلى 350 كيلو وات وأكثر) إلى السيارة مقارنة بمحطات شحن التيار المتردد، مع وقت شحن أسرع (30 دقيقة أو أقل).

(أ) محطة شحن بقضبان AC مشتركة

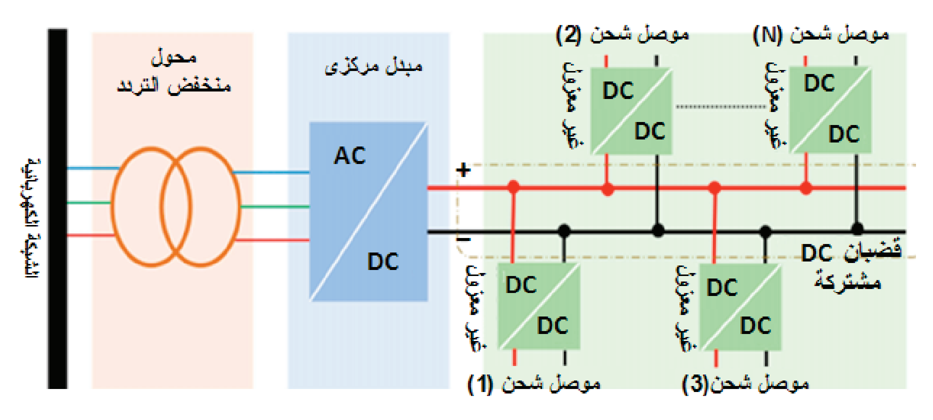
تتكون من شواحن سريعة (fast chargers)، كل واحد يشتمل على عدة مراحل تحويل AC-DC ومحول عالى التردد (high-frequency transformer)، كما هو موضح بشكل (4)



شكل (4) محطة شحن بقضبان AC مشتركة

(ب) محطة شحن بقضبان DC مشتركة

تتكون من مرحلة تحويل مركزى AC-DC ومحول واحد منخفض التردد (low -frequency transformer)، كما هو موضح بشكل (5)



شكل (5) محطة شحن بقضبان DC مشتركة

شحن السيارات الكهربائية اللاسلكية

هو نظام شحن ذو كفاءة عالية يستخدم المجال المغناطيسي لنقل التيار الكهربائي لاسلكيا بين ملفين تفصل بينهما مسافة تقدر بعدة أقدام، تعتمد عملية نقل الطاقة لاسلكيا على مبدأ توافق الرنين المغناطيسي. يمثل النظام بملفين نحاس يضبطان بحيث تتم عملية الرنين عند نفس التردد، وتكون المسافة بين الملفين عدة أقدام، احد الملفين (والذى يكون عبارة عن سلسلة من الملفات كلها مطمورة تحت سطح الطريق) مغذى من مصدر تيار كهربائي لانتاج مجال مغناطيسي يؤدى الى جعل الملف الثاني (الملفات الثانوية موجودة في اسفل السيارة) في حالة رنين، بسبب دخول المجال المغناطيسي المنتج في الملف الأول إلى الملف الثاني يؤدي إلى انتاج قوه دافعه كهربائية مستحثة في الملف الثاني والتي تستخدم لشحن البطاريات، بما يعنى ان الرنين

المغناطيسي نتج عنه تحول غير مرئي للطاقة الكهربائية خلال الثغرة الهوائية من الملف الأول إلى الملف الثاني. يُطلق على الشحن اللاسلكي تقنية الحث المغناطيسي بينما يسمى الطريق المجهز لذلك بـ «حصيرة الشحن» . كما فى شكل (6)



شكل (6) حسيرة الشحن

تصنيف شواحن السيارات الكهربائية (Classification of EVs chargers)

يوجد العديد من شواحن بطاريات السيارات الكهربائية والهجين ويمكن تصنيفها وفقًا لمعايير مختلفة كما فى شكل (7).ويوضح شكل (8) مكونات شحن السيارات الكهربائية كالآتى: (أ) مبدل مخصص داخل السيارة، (ب) مبدل متكامل داخل السيارة، (ج) شاحن سريع خارج السيارة

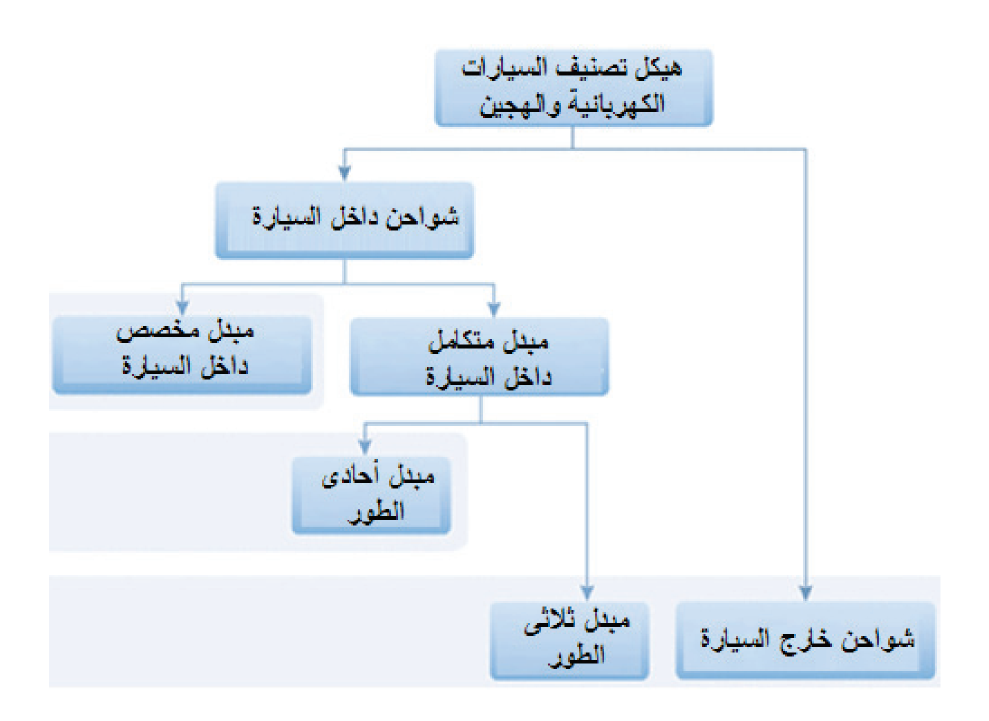
يتناول التصنيف الأول موقع شاحن البطارية، والذي يمكن أن يكون داخل السيارة (ON - board) أو خارج السيارة (OFF - board). تكون شواحن البطاريات الموجودة داخل السيارة محدودة بقدر أكبر من الطاقة بسبب قيود الوزن والحجم، بحيث يمكن استخدامها في أوضاع شحن البطارية 1 و2. في بعض الحالات، يتم دمج شواحن البطاريات الموجودة داخل السيارة مع المحرك الكهربائي للسيارة من أجل تجنب إضافة المحاثات الإضافية والمفاتيح التي سيتم استخدامها فقط لشحن البطارية والذى يعرف بالشاحن المتكامل (Integrated). على النقيض من ذلك، تم تصميم أجهزة شحن البطاريات الخارجية بشكل أساسي لوضعي شحن البطارية 3 و4 لأنها لا تخضع لقيود الوزن والحجم، يوضح جدول (1) مقارنة بين أنواع الشواحن، بينما يبين جدول (2) مميزات وعيوب أنواع الشواحن، ويوضح شكل (9) تمثيل شاحن داخل سيارة وشاحن خارج سيارة.

ويمكن أيضا أن تصنف شواحن البطارية إلى موصل(conductive) وحثي (inductive). تعرف أجهزة شحن البطاريات الموصلة بأنها أنظمة الشحن التي تستخدم اتصالاً ماديًا مباشرًا بين الموصل ومدخل الشحن. على العكس من ذلك، فإن أجهزة الشحن الحثى هي تلك التي تنقل القوة مغناطيسياً. على الرغم من أن بعض الأعمال تتعامل مع أجهزة الشحن المتحركة، إلا أن أجهزة الشحن الحثى تعتبر أساسًا لتطبيقات الشحن البطيء الثابتة. يوضح جدول (3) مميزات وعيوب شواحن

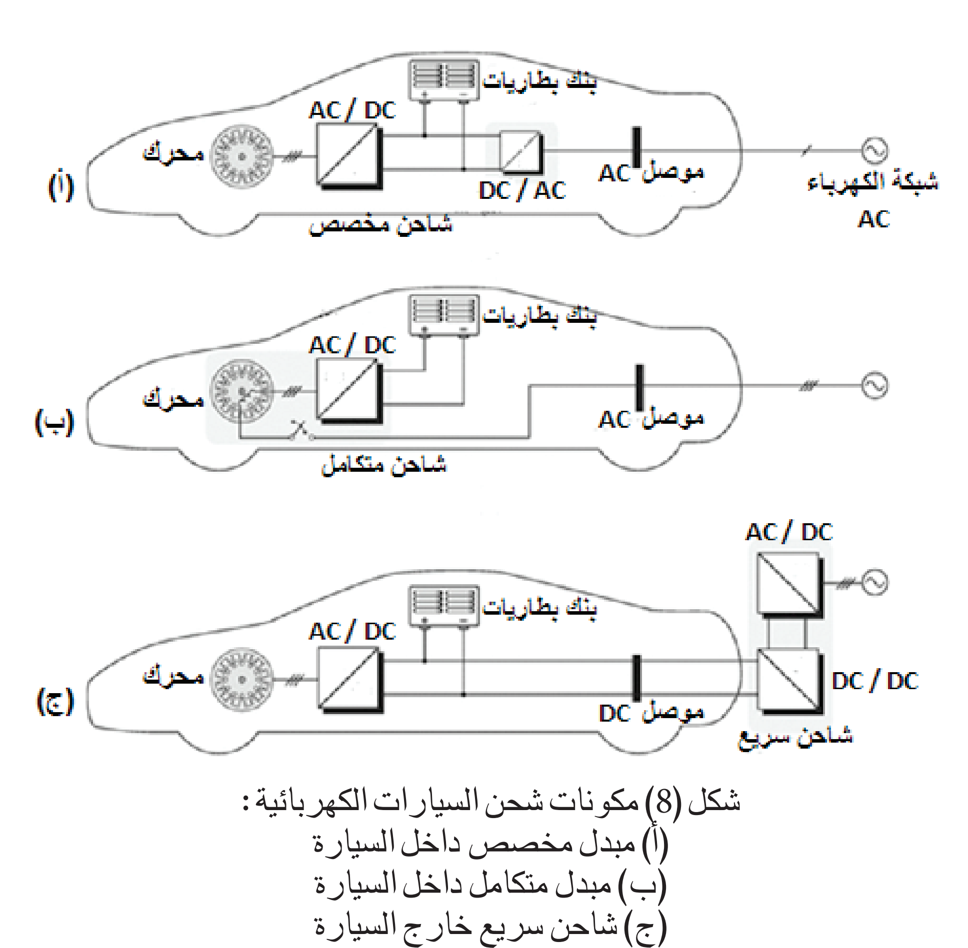
حاثية وشواحن موصل

وكذلك، تصنف الشواحن إلى أحادية الإتجاه(unidirectional) وثنائية الإتجاه (Bidirectional) تعمل أجهزة شحن البطاريات أحادية الاتجاه فقط على شحن البطاريات. نظرًا لأنه يمكن استنتاجه، بينما شواحن البطاريات ثنائية الاتجاه تتألف من حل أغلى وأثقل وأكبر من أجهزة الشحن أحادية الإتجاه لأنها تحتاج عمومًا إلى دوائر إضافية للعمل في كلا الاتجاهين لتدفق طاقة الشحن. يوضح جدول (4) مقارنة بين شواحن أحادية الإتجاه وثنائية الإتجاه.

أخيرا تصنف الشواحن الى أحادية الطور (single-phase) وثلاثية الطور (three -phase) ولكن معظم شواحن البطاريات داخل السيارة تكون أحادية الطور. يوضح شكل (10) تمثيل مكونات شاحن بطاريات داخل السيارة - أحادى الطور



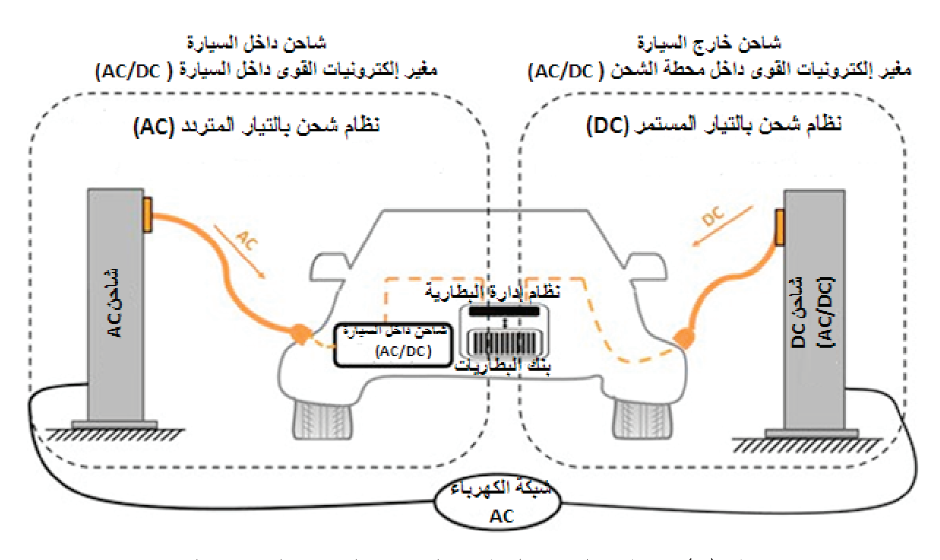
شكل (7) تصنيف شواحن السيارات (الكهربائية والهجين)



شكل (8) مكونات شحن السيارات الكهربائية:
(أ) مبدل مخصص داخل السيارة
(ب) مبدل متكامل داخل السيارة
(ج) شاحن سريع خارج السيارة

جدول (1) مقارنة بين أنواع الشواحن

شاحن خارج السيارة (OFF - board)	شاحن داخل السيارة (ON - board)
- أعلى كيلو وات منقولة - نظام BMS أكثر تعقيدا - إدارة درجة حرارة البطاريات - الاتصال بالشبكة العامة / منزل / مبنى - تقليل وزن السيارة - أعلى معدل شحن	- أقل كيلو وات منقولة - أقل قلق حول سخونة البطاريات - يعمل بإشارة (J1172) - يتم التحكم في BMS بواسطة موحد داخل السيارة - وزن إضافي للسيارة



شكل (9) تمثيل شاحن داخل سيارة وشاحن خارج سيارة

جدول (2) مميزات وعيوب أنواع الشواحن

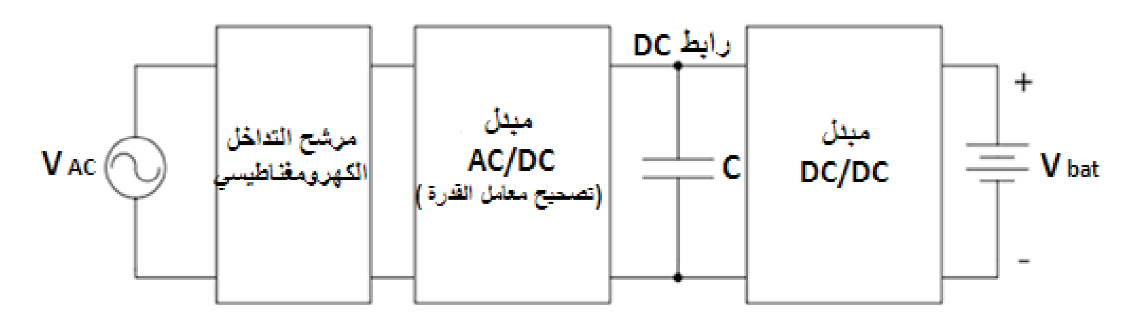
النوع	المميزات	العيوب
شاحن على اللوحة داخل السيارة ON - Board	- تكلفة منخفضة - حجم صغير ومدمج (أقل من 5kg) - توافر الشحن - أقل تأثير على الشبكة العامة للكهرباء	- شحن بطيء(6 - 8h) - قدرة محددة - قيود على الوزن والحجم
شاحن خارج السيارة OFF - Board	- شحن سريع (أقل من 1h) - لا توجد قيود على الوزن والحجم - تمكين السفر لمسافات طويلة - سعة شحن أعلى - معدل شحن أعلى	- تكلفة مرتفعة - إلكترونيات قدرة زائدة - أكثر تأثيرا على الشبكة العامة للكهرباء - مخاطر التخريب لمحطات الشحن - تشويش في المناطق الحضرية
شاحن متكامل Integrated	- الأسرع شحنا (أقل من 1h) - توافر الشحن - الأقل وزنا وحجما وتكلفة - ثنائي الإتجاه حسب التصميم	- مفقودات النحاس للفات المحرك عالية - ليس الحث المثالي للعاكس - تحكم معقد - أجهزة (مكونات) إضافية

جدول (3) مميزات وعيوب شواحن حاثية وشواحن موصل

نوع الشاحن	المميزات	العيوب
موصل (conductive)	- لكل مستويات القدرة (شحن سريع وبطيء) - بسيط - كفاءة عالية - تكلفة أفضل - معياري	- مخاطر الأمان في الأجواء الرطبة - صعوبة التشغيل الآلي
حاثي (inductive)	- سهولة الإستخدام - الثبات عند تغير الطقس - زيادة الأمن - عزل مجلفن (galvanic) - تكرار شحن أكثر - سهولة التشغيل الآلي - الشحن أثناء القيادة	- أقل كفاءة - شحن بطيء (مستوى الشحن 2، 1) - إنخفاض كثافة القدرة - تصنيع معقد - حجم وتكلفة أعلى - معدات (مكونات) محددة - غير قابلة للإستبدال

جدول (4) مقارنة بين شواحن أحادية الإتجاه وثنائية الإتجاه

أحادي الإتجاه (unidirectional)	ثنائي الإتجاه (Bidirectional)
تحكم بسيط	تحكم معقد
أقل تكلفة (أقل أجهزة - مكونات)	تكلفة وإستثمارات مرتفعة
لا يحتاج إلى إستثمارات إضافية	مطلوب مزيد من تبادل المعلومات، مطلوب تحديث نظام التوزيع
آمن	الحاجة إلى تدابير السلامة والحماية ضد العزل (anti - islanding)
أقل إهلاك للبطارية	إهلاك نتيجة تكرار الدورات
متاح لمستويات الشحن 3، 2، 1	متوقعة لمستويات الشحن 2، 3
أقل كفاءة خاصه عند مستوى الشحن 1	أعلى كفاءة خاصة عند مستويات الشحن 2، 3
التحكم في الجهد (القدرة غير الفعالة) والتردد (القدرة الفعالة في إتجاه واحد)	خدمة جيدة، تنظيم الجهد والتردد (إنخفاض - إرتفاع)، إتزان أحمال الطاقة، مرشح التوافقيات



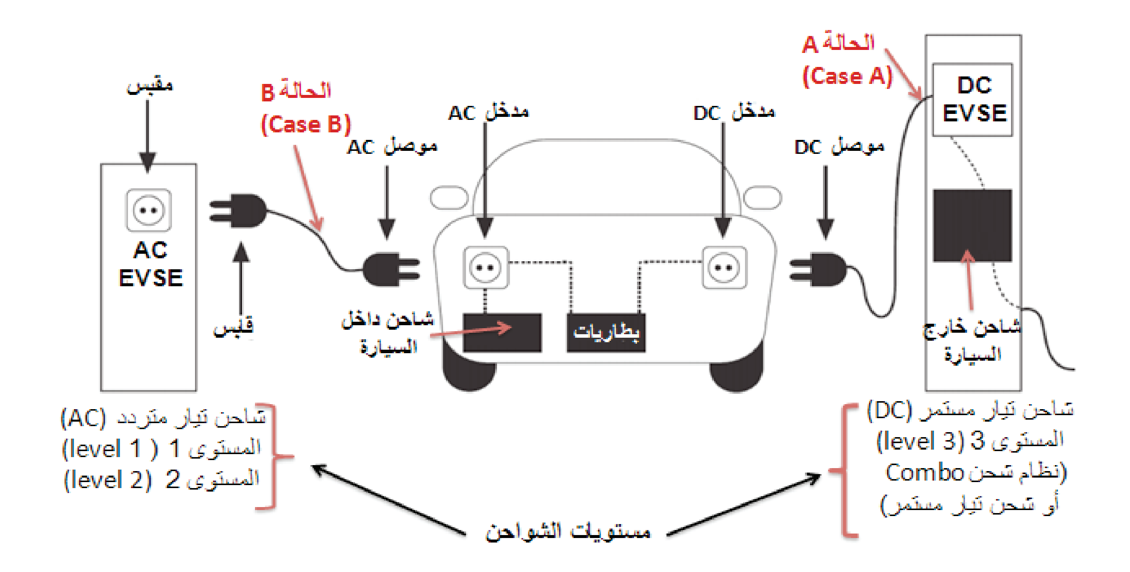
شكل (10) تمثيل مكونات شاحن بطاريات داخل السيارة/أحادى الطور

أوضاع وحالات الشحن / مستويات الشواحن

سيتم فيما يلى توضيح الإصطلاحات الآتية :

- نوع التوصيل والموصلات
- أوضاع شحن السيارة الكهربائية
- حالات شحن السيارة الكهربائية
- مستويات الشواحن

يوضح شكل (11) توضيح لأماكن بعض هذه المصطلحات بين السيارة الكهربائية ومحطات الشحن ، والتى سيتم توضيحها في البنود التالية



شكل (11) توضيح لأماكن بعض المصطلحات بين السيارة الكهربائية ومحطات الشحن
معدات تزويد السيارات الكهربائية (EVSE) (Electric Vehicle Supply Equipment)

أ- نوع التوصيل (Connection Type)

يتطلب لتوصيل سيارة كهربائية بشاحن توافر كابل مزود بموصلات (connectors) تتوافق مع مقبس مخرج (outlet socket) الشاحن ومآخذ مدخل(inlet socket) السيارة. تحتوي معظم الكابلات على موصل في كل طرف (للاقتران مع مخرج الشاحن ومدخل السيارة) أو يمكن أن يكون مربوطا، أى أن الكابل متصل بشكل دائم بوحدة الشحن. يوضح شكل (12) أنواع من كابلات مزودة بموصلات



شكل (12) أنواع من كابلات مزودة بموصلات

يتم تحديد اختيار الموصل من خلال ما إذا كانت السيارة يتم شحنها باستخدام التيار المتردد (AC) أو التيار المستمر (DC)، وسرعة الشحن (قدرة ك.وات)، وبروتوكول السلامة المستخدم. ونظرا لوجود بلدان منشأ مختلفة لإنتاج السيارات الكهربائية، لذا يجب تحديد الصناعة وأوضاع الشحن ونوع الموصل المستخدم.

تعريفات

- **المقبس** (Plug) **(الجمع: مَقَابس)** هو قالب مصنوع من اللدائن غالبًا يكون مثبتًا في الحائط، ومزود بالتيار الكهربائي. وتختلَف أشكال المقابس لتلائم أشكال القوابس المتعددة، كما توجد بعض المقابس التي تلائم أكثر من نوع من القوابس.
- **القابس** (Socket) **(الجمع: قَوابس)** هو أداة عبارة عن سلك كهربائي موصل بجهاز كهربائي يوصل بالمقبس ليستمد منه التيار الكهربائي، وغالبًا يكون مصنوع من اللدائن ومشتقاته، لأغراض العزل الكهربائي. يتم توصيل القابس بالمقبس لتوصيل الكهرباء إلى شيء معين. تحتوي بعض أنواع القوابس على مميزات حماية مختلفة تختلف باختلاف أنواعها.

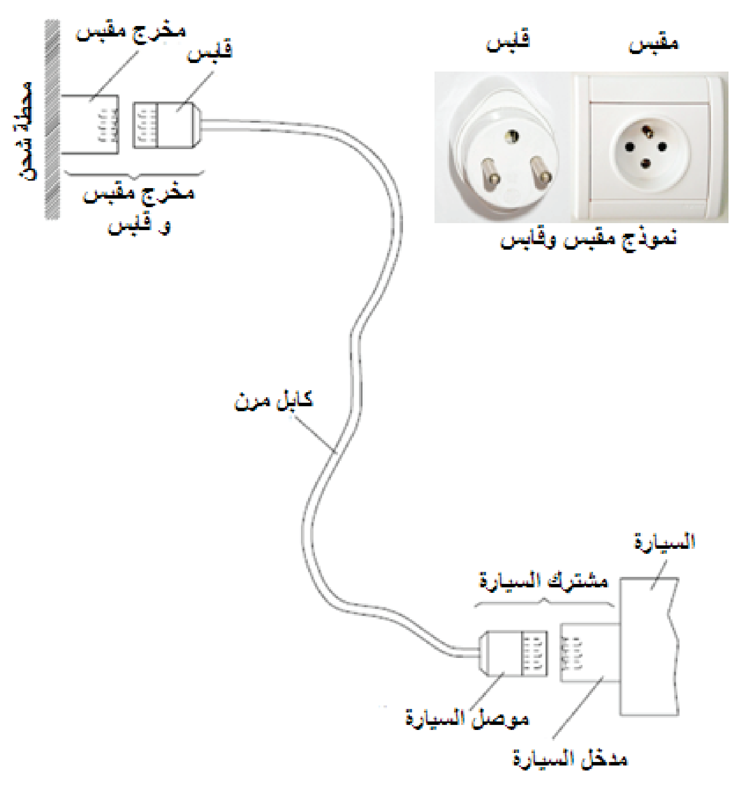
يوضح شكل (13) تمثيل لمكونات التوصيل بين السيارة ومحطة الشحن

ويبين شكل (14) أمثلة لعينات صغيرة من مَقَابِس وقَوابِس بدول مختلفة

ويبين جدول (6) خصائص الموصل

يوضح شكل (15) أمثلة لنماذج موصلات من النوع 1 والنوع 2

يعرض جدول (7) أيقونات لأنواع الموصلات الرئيسية بالاشكال من (16) الى (17)، بالإضافة إلى عرض نطاق تصنيفات الطاقة وزمن الشحن التي يمكن لكل نوع دعمها وأماكن تركيبها الموصى به



شكل (13) تمثيل لمكونات التوصيل بين السيارة ومحطة الشحن



شكل (14) أمثلة لعينات صغيرة من مَقَابِس وقَوابِس بدول مختلفة

جدول (5) أنواع الموصلات شائعة الاستخدام

الانواع (Types)	الموصلات
• The UK 3-pin (BS 1363) • Industrial Commando (IEC 60309) • American Type 1 (SAE J1772) • And European Type 2 (Mennekes، IEC 62196)	AC connectors موصلات التيار المتردد
• The Japanese JEVS (CHAdeMO) • The European Combined Charging System (CCS or 'Combo') • Proprietary Tesla supercharger connector	DC connectors موصلات التيار المستمر

جدول (6) خصائص الموصل

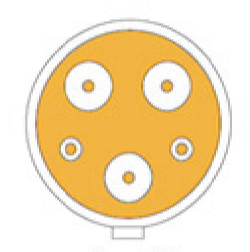
الموصل طبقا للنوع والمستوى	نوع التوصيل	أقصى جهد / تيار	أقصى قدرة (Kw)	
			النظام الأوربى (EU)	النظام الامريكى(US)
النوع 1 المستوى 1 (Type 1 Level 1)	1 ph AC (split)	120 V / 16 A		1.9
النوع 1 المستوى 1 (Type 1 Level 1)	1 ph AC	240 V / 80 A	14	19
النوع 2 (Type 2)	1 - 3 ph AC	480 V / 63 A	43	52
CHADdeMO	DC	500 V / 125 A	63	
النوع 3 (Type 1 Combo)	DC	1000 V / 400 A	36 - 200 +	



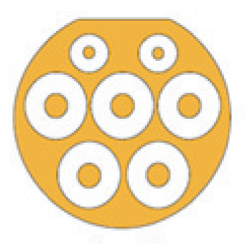
موصل نموذجى - 1-ph
J1772– النوع 1



موصل نموذجى 3-ph طبقا
للمواصفات IEC 61851 – النوع 2



النوع 1



النوع 2

شكل (15) أمثلة لنماذج موصلات من النوع 1 والنوع 2

جدول (7) أيقونات لأنواع الموصلات الرئيسية بالاشكال من (16) الى (19)

نوع الشاحن	القدرة	زمن الوقت النموذجى للشحن	المكان الموصى به	النماذج
بطىء	≤ 3 Kw ، 1-ph	8 - 12 ساعة	- موقف السيارات بالشارع العام – ساحات عامة – أسطول سيارات الشركات	شكل (16)
سريع	≤ 7 Kw ، 1-ph	3 - 4 ساعة	– شركات تأجير السيارات – أسطول سيارات الشركات – محطات خدمة السيارات	شكل (17)
	≤ 22 Kw ، 3-ph	1 - 2 ساعة		
أسرع	≤ 43 Kw ، 3-ph	80 % لزمن 20 -80 دقيقة	– محطات خدمة السيارات	شكل (18)
	≤ 50 Kw ، DC			
الأسرع	> 43 Kw ، 3-ph	30 - 20 < دقيقة	– محطات خدمة السيارات	شكل (19)
	> 50 Kw ، DC			

3 Pin - 3kW AC	Type 1 – 3kW AC	Type 2 – 3kW AC	Commando – 3kW AC

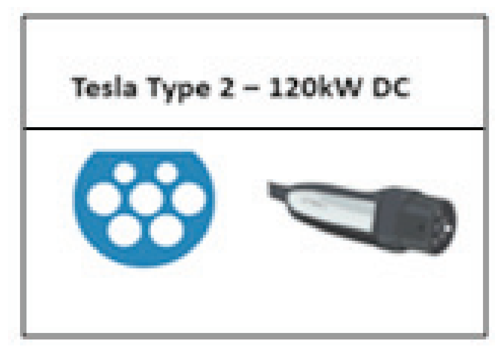
شكل (16) نماذج من أنواع الموصلات شائعة الاستخدام

Type 1 – 7kW AC	Type 2 – 7-22kW AC	Commando – 7-22kW AC

شكل (17) نماذج من أنواع الموصلات شائعة الاستخدام

CHAdeMO – 50kW DC	CCS – 50kW DC	Type 2 – 43kW AC

شكل (18) نماذج من أنواع الموصلات شائعة الاستخدام



شكل (19) نموذج من أنواع الموصلات شائعة الاستخدام

ب – أوضاع شحن السيارة الكهربائية (EV charging modes)

يشير مفهوم "الوضع" إلى تقنية (أو أسلوب) الشحن، حيث يوجد 4 أوضاع هى الأوضاع 1 و2 و3 و4

<u>الوضع 1 (mode 1)</u>

يستلزم هذا الوضع الشحن البطئ بالتيار المتردد (AC) من خلال القابس (socket) الكهربي العادي هذا يشير إلى عدم وجود تواصل بين السيارة ونقطة الشحن. ويستلزم هذا:

× تجهيز سلك أرضي للسيارة الكهربائية

× حماية خارجية ضد الأعطال

في كثير من الدول، يعتبر هذا الوضع غير آمن وغير قانوني.

<u>الوضع 2 (mode 2)</u>

يستلزم هذا الوضع الشحن البطئ بالتيار المتردد (AC) من خلال المقبس الكهربي العادي. بالإضافة إلى ذلك، تم تجهيز كابل الشحن مع "جهاز حماية وتحكم الكابل (IC-CPD) (In - cable control and protection device)، وهو المسئول عن التحكم والإتصالات والحماية (بالإضافة إلى الحماية ضد التيار المتبقي (residual current)

<u>الوضع 3 (mode 3)</u>

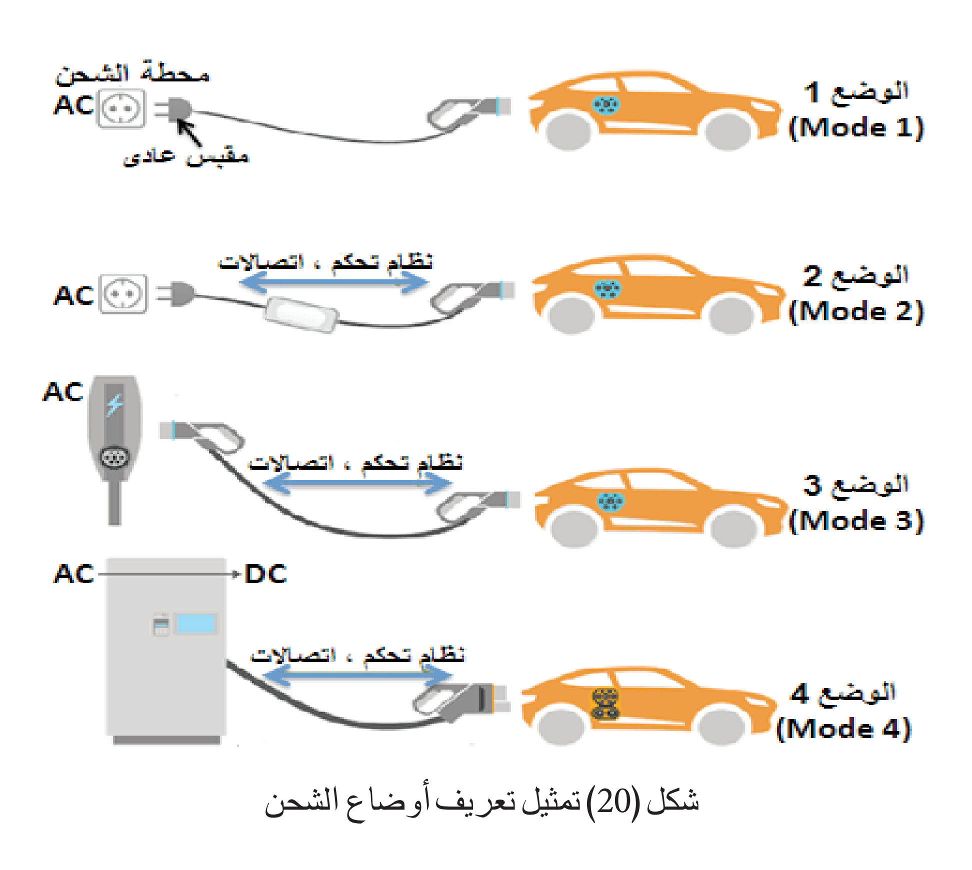
يستلزم هذا الوضع كل من الشحن البطئ أو شبه السريع (semi-fast) من خلال مقبس كهربي مخصص لشحن السيارة الكهربائية. يكون للشاحن (أو محطة الشحن) مقبس معين للسيارة الكهربائية، عموما يكون المقبس المقابل للنوع 1 (type1) أو النوع2 (type2).

يحتوي كل طرف في كابل الشحن على مقبس (plug) يستخدما للتوصيل بين السيارة والشاحن. تكون محطة الشحن مسئولة عن: التحكم والإتصالات والحماية لعملية الشحن (بالإضافة إلى الحماية ضد التيار المتبقي). هذا الوضع شائع الإستخدام لمحطات الشحن العامة، ومن السهل تكامله مع الشبكات الذكية.

الوضع 4 (mode 4)

يستخدم هذا الوضع مقبس كهربي مخصص مثل الوضع 3. عاده يحتوي الشاحن على كابل الشحن وقابس شحن السيارة. يستخدم الوضع 4 على وجه التحديد للشحن بالتيار المستمر (DC)، والذي يوصى به للشحن السريع للسيارة الكهربائية. في حالة الشحن بالتيار المستمر (DC)، يكون المبدل AC/DC (converter) في محطة الشحن. أيضا تكون وظائف التحكم: والإتصالات والحمايه ضمن محطة الشحن.

يوضح جدولى (8)، (9) وشكل (20) تمثيل لتعريف أوضاع الشحن



شكل (20) تمثيل تعريف أوضاع الشحن

جدول (8) أوضاع الشحن

الوضع	الخصائص
الوضع 1 (Mode 1) قدرة منخفضة (حتى16 A)	3.6 Kw - 1ph & 11 Kw - 3 ph - قياسى، مقبس منزلى أو صناعى غير مخصص - مصدر التغذية من خلال مقاومة (resistor) - يستخدم هذا الوضع مع حالتى الشحن A & B
الوضع 2 (Mode 2) قدرة منخفضة (حتى 32 A)	7.4 Kw - 1ph & 22 Kw - 3 ph - قياسى، مقبس منزلى أو صناعى غير مخصص - فى معدة حماية الكابل، يتم تجهيز أشارة تحكم للسيارة - يستخدم هذا الوضع مع حالتى الشحن A & B
الوضع 3 (Mode 3) بنية أساسية مخصصة	حتى 32 A لحالة الشحن B أو 63 A لحالة الشحن C - تغذى إشارة التحكم من خلال معدات تزويد السيارة - تغذى أقصى قدرة شحن من خلال معدات تزويد السيارة
الوضع 4 (Mode 4) شحن سريع تيار مستمر(DC) (حتى 400 A)	- شاحن قدرة عالية - منفصل

جدول(9) أنواع الأوضاع والتقنية

التقنية / الوضع	قابس مخصص dedicated socket	نظام تحكم، إتصالات حماية control ، communication and protection system	نوع تيار الشحن AC/DC charging	سعة الشحن charging capacity
1	X	X	AC	مقبس 230 v طبقا للمواصفة IEC 61851-1 فإن أقصى سعة شحن 2.3KW، 1-PH، 10A
2	X	√	AC	مقبس 230 v أومحطة شحن منزلي أقصى سعة شحن 7.4KW، 1-PH، 32A 22KW، 3-PH، 32A
3	√	√	AC	11KW، 22KW، 43KW الشحن السريع أكبر من 22KW
4	√	√	DC	50KW:175KW

ملحوظه: في الأوضاع 3، 2، 1 يحدث الشحن من خلال مبادل (converter) موجود في السيارة (يؤخذ التيار المتردد AC من محطة الشحن إلى البطارية من خلال المبادل)، بينما يتم التحكم في عملية الشحن بواسطة السيارة. تحدد قدرة المبادل مقدار سعة الشحن المتاحة لمحطة الشحن.

ت – حالات شحن السيارة الكهربائية (EV charging cases)

يوجد ثلاث حالات تعتمد على وضع كابل الشحن في نظام الشحن. كما ذكر سابقا فإن الموصل (Connector) هو الواجهة (أو المعدة) المستخدمة بين محطة الشحن والسيارة الكهربائية، والتي يتم من خلالها توصيل الطاقة الكهربائية والتى يمكن أن يكون :

- قابس (Plug) على الكابل

أحد جانبي الكابل به قابس مناسب لنقطة الشحن، بينما القابس الموجود على الجانب الآخر للكابل يكون مناسبا لمدخل السيارة.

- قابس متصل على كابل لا ينفصل عن محطة الشحن (النوع الشائع لمحطات الشحن السريع) وفى هذه الحالة يناسب هذا القابس مدخل السيارة.

وفي العادة تكون عدد نقاط الشحن مساوية لعدد الموصلات (ولكن ليس دائما). وعلى سبيل المثال توجد محطات شحن تتكون من نقطتي شحن وثلاثة موصلات. وفي هذه الحالة لا يستخدم أكثر من موصلين، ولا أكثر من سيارتين في الوقت نفسه (واحدة AC والأخرى DC).

الحالة A (case A)

يوصل أحد طرفي كابل الشحن إلى مخرج مقبس (socket outlet) في محطة الكهرباء المحلية، ويكون له موصل مخصص في الطرف الآخر لشحن السيارة، مثل الموصل من النوع 1 والنوع 2 ويحدث الشحن من خلال شاحن داخل السيارة. عادة هذه الحالة مرتبطة بالوضعين 2، 1.

الحالة B (case B)

يكون لكابل الشحن موصل مخصص للشحن في كلا الطرفين مثل موصل النوع 1 أو النوع 2. ويحدث الشحن من خلال شاحن داخل السيارة. وهذه الحالة هي الأكثر تهيئة، حاليا، للإستعمال للشحن العام بدرجة عالية من المرونة.

الحالة C (case C)

أحد نهايتي كابل الشحن يكون مثبت في محطة شحن مخصصة، تغذي بالتيار المستمر (DC) خلال كابل إلى السيارة. هذه الحالة تستخدم للوضع 4، يتم إختيار موصل السيارة ليتوافق مع مدخل قابس (socket inlet) السيارة.

يوضح جدول (10) حالات شحن السيارة الكهربائية طبقا للمواصفات IEC 61851 - 1 standard

جدول (10) حالات شحن السيارة الكهربائية

الحالة	IEC 61851 - 1 standard	
الحالة A (Case A)	– يرتبط كابل الشحن بالسيارة – رينو Twizy – مقبس منزلى عادى	
الحالة B (Case B)	- كابل منفصل (loose cable) - موصل من جهة السيارة وقابس من الجانب الآخر - الاكثر استخداما حاليا – درجة تناسق عالية	
الحالة C (Case C)	– يرتبط كابل الشحن من خلال معدات تزويد السيارة – محطات شحن مخصصة – يختار الموصل ليتناسق مع مدخل السيارة – شائع جدا فى أمريكا	

ث – مستويات الشواحن (Level chargers)

يصنف مستوى الشاحن إلى تصنيفات ثلاثة: موضوعة على أساس المتغيرات المختلفة حيث تصنف إلى شواحن تيار متردد (AC)، وشواحن تيار مستمر (DC) طبقا لتقنية الشحن.

يوضح جدول (11) البيانات الفنية لمستويات الشواحن

جدول (11) البيانات الفنية لمستويات الشواحن

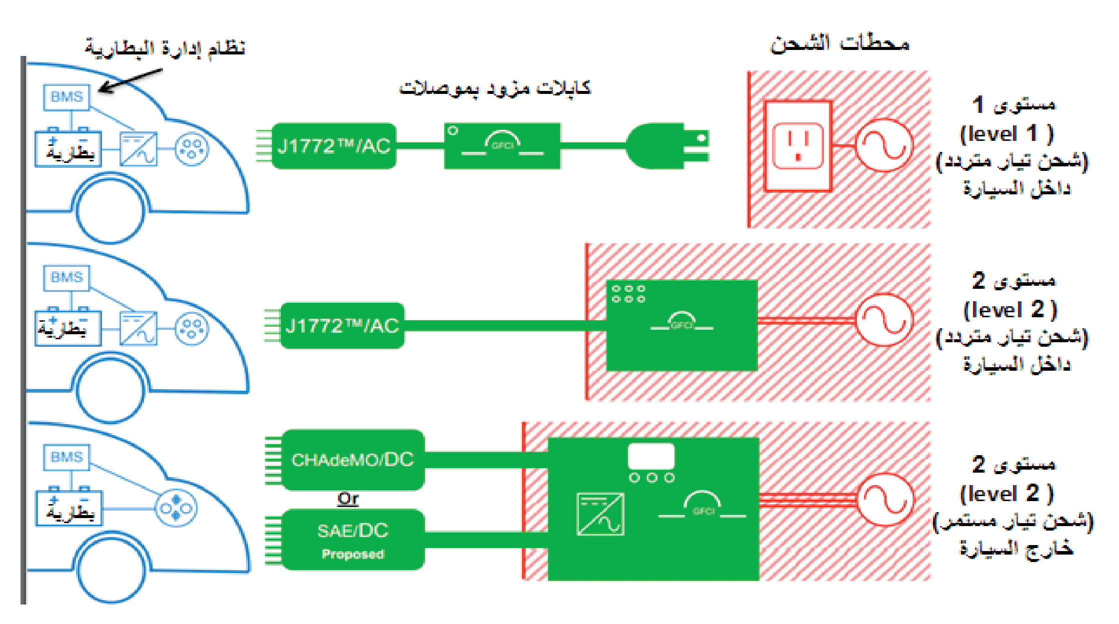
نوع معدات تزويد السيارات الكهربائية EVSE Type	مصدر القوى power supply	قدرة الشاحن charge power	زمن الشحن charging time	ملاحظات Notes
مستوى 1 (level 1) (شحن تيار متردد)	120VAC 12 A:16 A (1- ph)	1.44 Kw: 1.92 Kw	17 hr	معدل شحن بطئ بإستخدام تيارات منخفضة لشحن البطارية وذلك لتجنب انهيار خلايا البطارية، كما يسهل معدل الشحن البطئ التوافق مع سعة الطاقة لإتصال الشبكة المحلية.
مستوى 2 (level 2) (شحن تيار متردد)	208 : 240 VAC 15A : 80A (1- ph./split ph.)	3.1 Kw: 19.2 Kw	8 hr	عادة ما تكون موجودة في محطات الشحن العام، وتكون وصلات التيار الأعلى متاحة في المباني التجارية.
مستوى 3 (level 3) (نظام شحن Combo أو شحن تيار مستمر)	300 : 600 VAC (أقصى400A) (متعدد الأطوار)	120 Kw: 240 Kw	30 min.	يحتوي الشاحن على مصدر طاقة عالي الجهد (AC/DC)، متجاوز الشاحن الموجود على السيارة (AC/DC) لتوفير مستويات عالية جدا لشحن القدرة.

- ❖ معدات تزويد السيارات الكهربائية Electric Vehicle Supply Equipment (EVSE)
- ❖ لايكون وقت الشحن مقياسا خطيا (Linearly) مع تغيير السعة.

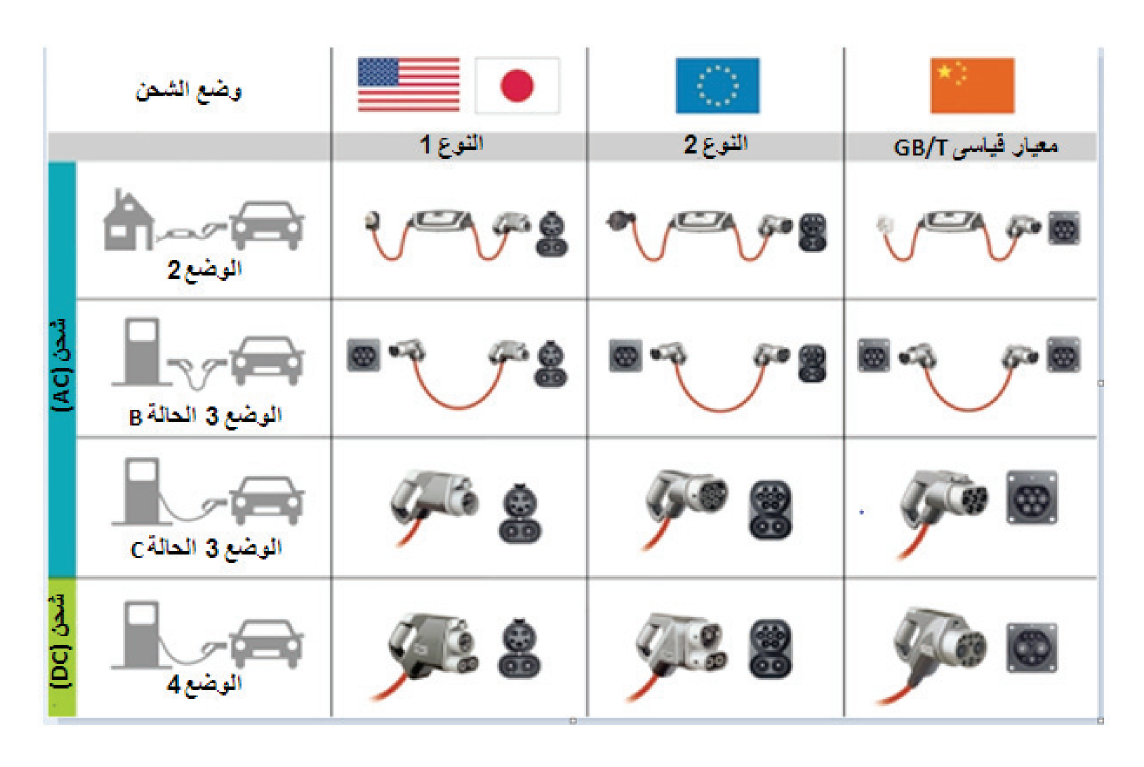
يوضح الشكلان (21)، (22) أنواع والعلاقة بين أوضاع وحالات الشحن / مستويات الشواحن

كل أنظمة الشحن تأخذ قدرة كهربائية تيار متردد (AC) من الشبكة الكهربائية ثم تحول إلى تيار مستمر (DC) عند جهد مناسب لشحن البطارية. في تطبيقات المركبات الكهربائية، ما عدا الدرجات، فإن شواحن المستوى 1، المستوى 2 تكون متكاملة بالكامل، مع السيارة، أما في أنظمة الشحن 3 يتم تقسيم وظائف الشحن بين محطة الشحن والشاحن المركب بالسيارة.

تورد وحدة التحكم في القدرة، جهد DC متغير إلى البطارية، وتنفذ جميع وظائف المرشح (filtering) المختلفة بالشاحن والتي يمكن تطبيقها بتكلفة منخفضة نسبيا.



شكل (21) انواع مستوى محطات الشحن



شكل (22) العلاقة بين أوضاع وحالات الشحن / مستويات الشواحن

قدرة الشحن والطاقة الموردة (Charging power and energy delivered)

من الشائع الخلط بين تعريفى القدرة والطاقة، الطاقة هي تكامل القدرة خلال فترة محددة. أو ببساطة، الطاقة هي حاصل ضرب القدرة والزمن، عندما تكون الطاقة ثابتة فأن :

الطاقة = القدرة × الزمن

وعليه فأن الطاقة التي يتم إدخالها في البطارية هي طاقة الشحن المتكاملة خلال وقت محدد، وذلك بافتراض عدم وجود مفقودات، الطاقة الموردة للبطارية تكون بوحدة "كيلووات ساعة". إذا كانت القدرة هى متوسط الشحن بوحدة "كيلووات"، على مدى نطاق زمني بالساعات.

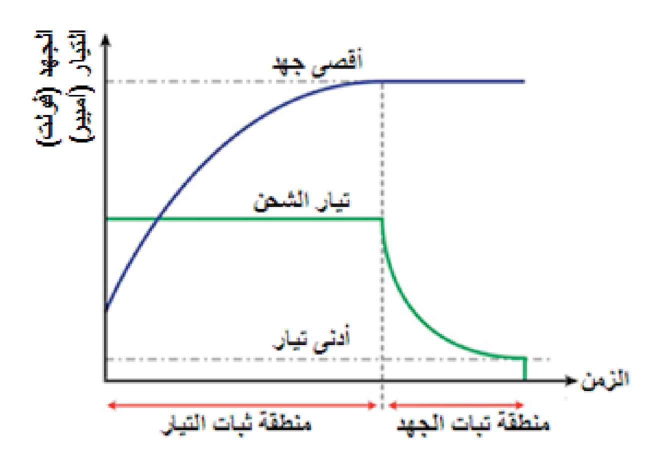
تعتمد قدرة الشحن القصوى على الحد الأقصى لكل من الجهد والتيار اللذين يمكن للبطارية تحملهما ويمكن للشاحن توفيرهما، تعد فترة الشحن القصيرة مهمة جدًا فى صناعة السيارات الكهربائية، حيث يتم تزويد مستخدمي السيارات بالوقود في دقائق. تؤدي التيارات العالية إلى شحن أسرع، ولكنها يمكن أن تتسبب أيضًا في ارتفاع درجة حرارة البطارية والشاحن أو تدهورها بشكل أسرع، مما يتسبب في عمر أقصر. . يحدث شحن الهاتف المحمول بتيار حوالى 1–4 أمبير، بينما يتم الشحن السريع لمركبة كهربائية بتيار يصل إلى مئات الأمبير.

خصائص البطارية (Battery Characteristics)

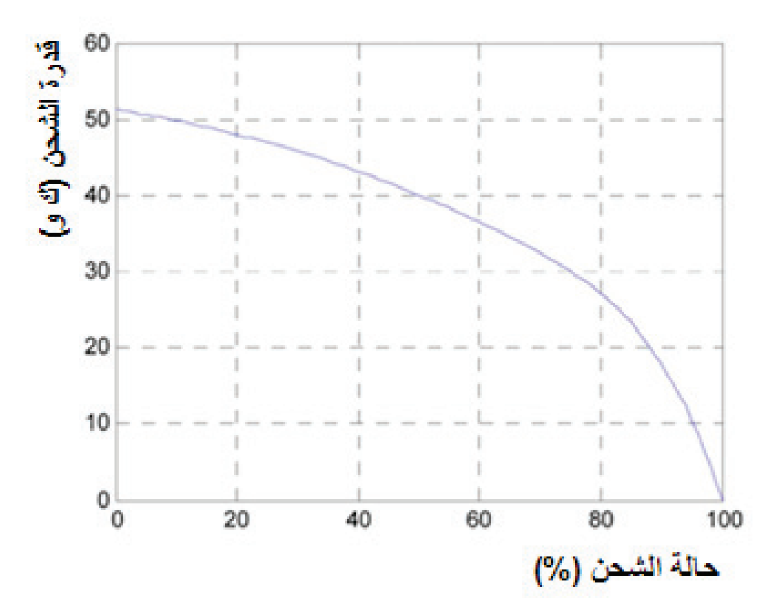
تعتمد سرعة نقل الطاقة أثناء الشحن على عاملين هما : الجهد (فولت) والتيار (أمبير). وتعتمد القدرة على حاصل ضرب الجهد في التيار، عندما ينخفض التيار، عند نفس قيمة الجهد، سينخفض معدل نقل الطاقة وبالتالي يؤدي إلى انخفاض سرعة شحن البطاريات.

يوضح شكل (23) العلاقة بين كل من الجهد والتيار مع الزمن خلال عملية الشحن

ويبين شكل (24) مثال لمنحنى العلاقة بين قدرة الشحن ونسبة حالة الشحن (SOC) لبطاريات ليثيوم ايون (lithium-ion)



شكل (23) العلاقة بين كل من الجهد والتيار مع الزمن خلال عملية الشحن



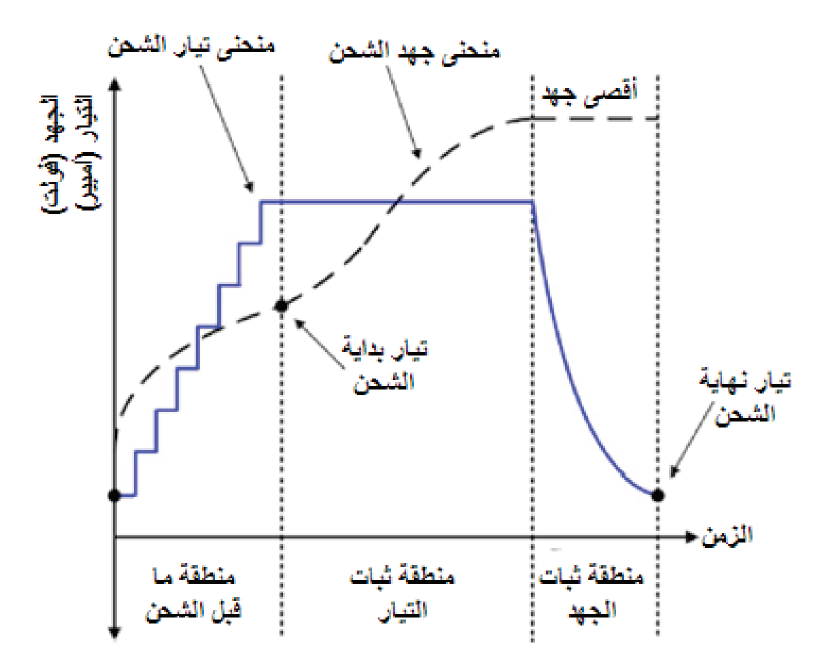
شكل (24) مثال لمنحنى العلاقة بين قدرة الشحن ونسبة حالة الشحن لبطاريات ليثيوم ايون

عموما يتكون شحن البطارية من ثلاثة مراحل متتالية كالاتى:

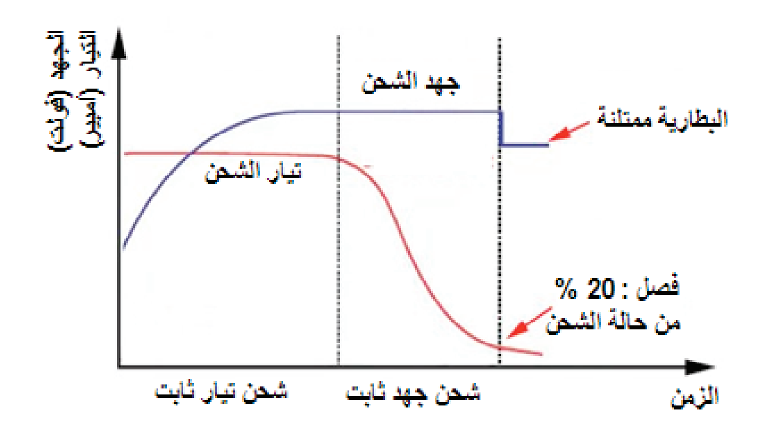
- عند بدء الشحن، تحدث المرحلة الأولى، والممثلة بمرحلة "ما قبل الشحن" هذه، يظل التيار منخفضًا، بينما يزداد الجهد باستمرار. ومع ذلك، معظم شحن بطاريات السيارات الكهربائية يحدث في المرحلتين الثانية والثالثة
- تبدأ المرحلة الثانية عند 10% على الأقل من حالة الشحن (SOC)، عندئذ لا توجد مرحلة مهمة قبل الشحن. خلال هذه المرحلة، التي تسمى أيضًا مرحلة التيار المستمر (constant current)، يتم الاحتفاظ بالتيار ثابتًا عند المستوى العالى، حتى يصل جهد خلية الليثيوم إلى مستوى الجهد المحدد، عند هذه النقطة، تبدأ المرحلة الثالثة
- عند المرحلة الثالثة يتم الحفاظ على قيمة الجهد ثابتًا، بينما ينخفض التيار بشكل كبير: يتم شحن البطارية بتيار ضئيل وبالتالي فإن شحن البطارية يصبح أبطأ حتى الوصول لنهاية الشحن.

يوضح شكل (25) منحنيا جهد وتيار الشحن فى المناطق الثلاثة للشحن الآمن لبنك بطاريات السيارات الكهربائية. ويوضح شكل (26) منحنى شحن شاحن بطارية الرصاص الحمضية.

يبين جدول (12) أمثلة لأزمنة الشحن التقديرية لمعدات تزويد السيارات الكهربائية



شكل (25) منحنيا جهد وتيار الشحن فى المناطق الثلاثة للشحن الآمن لبنك بطاريات السيارات الكهربائية



شكل (26) منحنى شحن شاحن بطارية الرصاص الحمضية

جدول (12) ازمنة الشحن التقديرية لمعدات تزويد السيارات الكهربائية

مستويات الشحن		المستوى (3) شحن سريع تيار مستمر (20-120kW 400-600VDC، up to 300A)	المستوى (2) تثبيت فى الحائط (6.6kWh * 240VAC، 30A**)	المستوى (1) كابلات مزودة بموصلات (1.5kW 120VAC، 15A)
مدى القيادة		110، 270km (70، 168 mi) لكل 30 دقيقة شحن	36km (22 mi) لكل ساعة شحن	8km (5 mi) لكل ساعة شحن
طراز السيارة	طاقة الشحن	زمن الشحن		
Toyota Prius	4.4kWh	غير متاح	1h	4h
Chevy Volt	16kWh	غير متاح	3h	12h
BMW i3	22kWh	24kW: To 80% in 30 min	4h	15h
Nissan Leaf	32kWh	50kW: To 80% in 20 min	5h	16h
Chevy Bolt	60kWh	50kW: To 80% in 60min	10h	40h
Tesla S 85	90kWh	120kW: To 80% in 40 min	15h	60h

* للسيارات Tesla قدرة الشاحن 10 و20 ك و& سيارات Renault قدرة الشحن من 3 – 43 ك وثلاثة أطوار / شاحن داخل السيارة

** تحتاج معدات تزويد السيارات الكهربائية ذو 30 أمبير الى قاطع تيار سعة 40 أمبير مع الشواحن الكبيرة داخل السيارة (https://batteryuniversity.com/learn/article/bu_1004_charging_an_electric_vehicle)

يوضح جدول (13) تكنولوجيا محطات الشحن

حيث يوجد ثلاث مستويات أساسية لقدرات / سرعات محطات الشحن

مع مراعاة انه لا يفضل فنيا شحن بطارية السيارات الكهربائية عن طريق الشحن عالي السرعة إلا علي سبيل الاستثناء، وذلك لإطالة عمر البطارية والحفاظ علي كفاءتها

جدول (13) تكنولوجيا محطات الشحن

البيان	القدرة (ك . وات)	الوقت اللازم للشحن	معدل الشحن	موقع محطة الشحن
المستوي الأول (بطئ) علي التيار المتردد AC	7 - 2.3	10 ساعات	-	منزل/عقار
المستوي الثاني (متوسط) علي التيار المتردد AC	22 - 11	4 ساعات	4 سيارات / للمخرج الواحد	جراجات (عامة/خاصة)-نوادي- مولات- أماكن العمل (عامة/خاصة)
المستوي الثالث (سريع) علي التيار المباشر DC	175 - 50	أقل من 30 دقيقة	من 10 : 30 سيارة / للمخرج الواحد	محطات تموين السيارات-الطرق السريعة
المستوي الثالث (فائق السرعة) علي التيار المباشر DC	350 - 175	أقل من 20 دقيقة	50 سيارة / للمخرج الواحد	

أمثلة لمحطات شحن (Charging Stations)

يوضح شكل (27) محطة شحن سريع قدرة 60 kW
حيث يتم استخدامة فى المحطات العامة مثل محطات التوقف فى الطرق السريعة ومحطات البنزين والمطارات وما إلى ذلك. كذلك يتم التطبيق فى المحطات الخاصة بتجار السيارات الكهربائية (EV) وفى ساحات أساطيلEV. ويبين جدول (14) الخصائص الرئيسية لمحطة الشحن السريع الموضح فى شكل (27)

يوضح شكل (28) بعض أنواع محطات الشحن ذات قدرات وخصائص مختلفة

ويوضح جدول (15) الخصائص الرئيسية لبعض أنواع محطات الشحن الموضحة فى شكل(28)

يبين شكل (29) هيكل الطاقة فى البنية التحتية لشحن السيارات الكهربائية، شاملا انواع محطات الشحن، ومستويات الشحن

يوضح شكل (30) نماذج لعلامات محطة شحن السيارات الكهربائية



شكل (27) محطة شحن سريع

جدول (14) الخصائص الرئيسية لمحطة الشحن السريع الموضح فى شكل (27)

AC Input for the DC Output :	
Power connection : 3P + N + PE	
Voltage : 400 Vac ± 20 %	
Frequency : 50 Hz or 60 Hz	
Input current & power: 87 A، 60 kva	
Power factor : > 0.99	
Overall efficiency : 95%	
DC Output :	
Voltage : 200 Vdc to 500 Vdc	
Max Current : 120A	
AC Output :	
Voltage : 400 Vac	
Current : 63 A	
Power : 43 kva	
General Specifications :	
Multi-standard DC outputs (Mode-4)، with AC (Mode-3)	
DC-Interface	CCS 2، CHAdeMO
AC-Interface	Type 2 Plug (43kW) (إفتراضى) Type 2 Plug (22kW) (أختيارى) Type 2 Socket (22kW) (أختيارى)
Network connection	3G (GSM or CDMA) | LAN | Wi-Fi
Communication Protocols	OCPP 1.6
Environment	Indoor / outdoor
Operating temperature	-35ºC-60ºC (-20ºC to -30ºC، heating required)
Protection degree	IP54 ، IK10
Acoustic noise	<55 dB
Compliance and safety	CE، EN 61851، EN 62196، DIN 70121، ISO 15118

https://www.sicon-emi.com/60kw-evms-ccs-chademo-ev-charger_p163.html



الشاحن A



الشاحن B



الشاحن C



الشاحن D

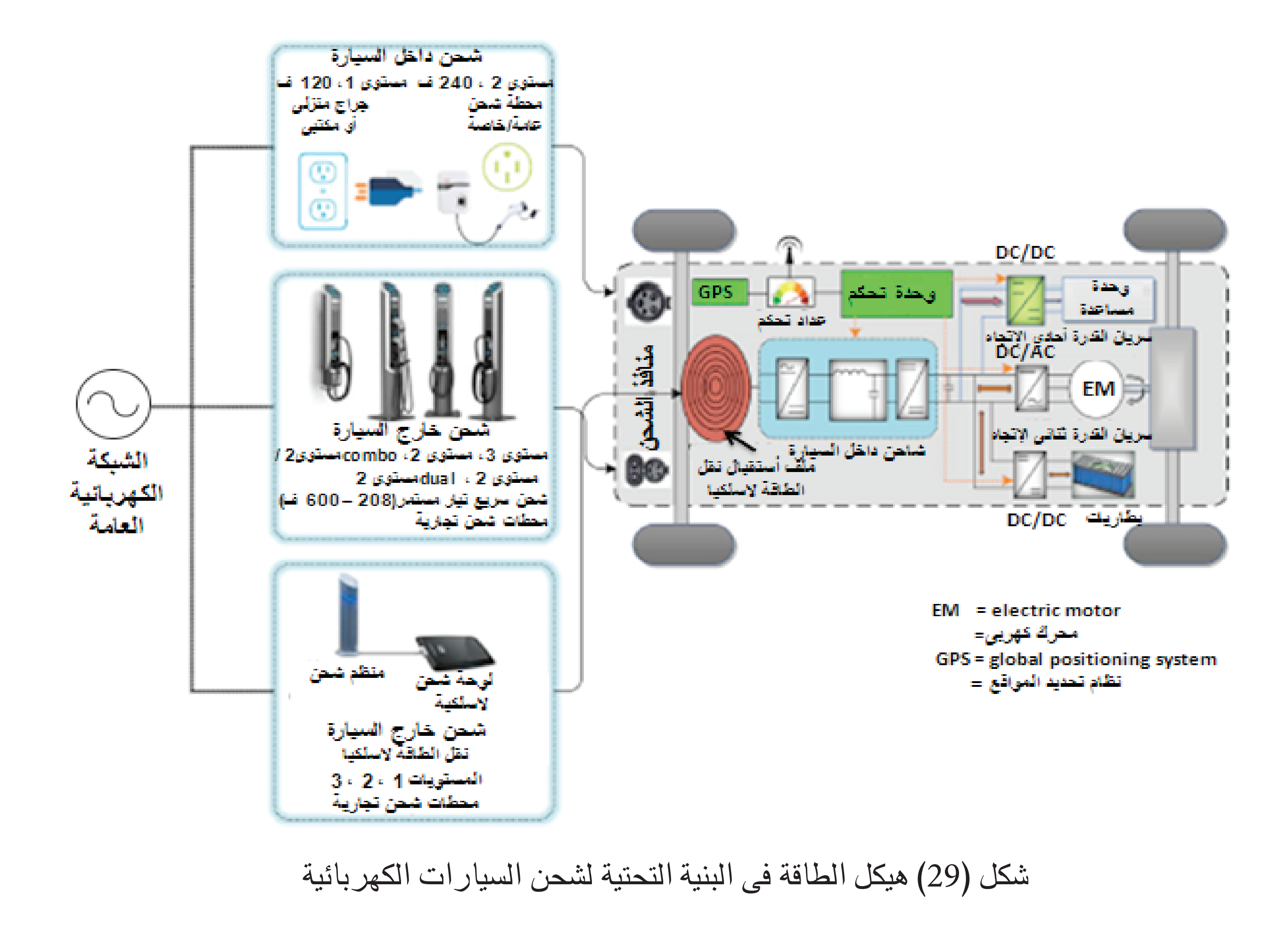
شكل (28) بعض أنواع محطات الشحن

جدول (15) الخصائص الرئيسية لبعض أنواع الشواحن السريعة الموضحة فى شكل (28)

محطة الشحن	خصائص التشغيل	أرقام المواصفات الفنية العالمية / التكنولوجيات
A	▪ 3 phases + neutral + E ▪ 400 Vac ± 10 %; 50 Hz ▪ 73 A ، 50 kva; PF 0.98 ▪ Efficiency > 0.93% ▪ DC power up to 50 kW ▪ AC power up to 43 kva ▪ Max DC Output 50 kW ▪ Max DC current 120 A	▪ JEVS G104 (CHAdeMO) ▪ IEC61851-23 P ▪ LC (CCS /Combo-2) ▪ IEC61851-1 (AC) ▪ JEVS G105 (CHAdeMO) ▪ Combo T2 (CCS / Combo-2) ▪ IEC62196 Type-2 OCPP (1.2; 1.5) and others
B	▪ Nominal voltage (U) : 400V AC ▪ Nominal current (I) : 80A ▪ AC 43kW / DC 50kW Efficiency rate of 96% ▪ 400V three-phases AC (neutral system TT)	▪ Mode 3 and 4 IEC 61851-1:2010 NF ▪ EN 61851-22:2002 ▪ IEC 62196-1:2012 ▪ IEC 61851-23:2014 Vehicle ▪ communication - CHAdeMO ▪ BUS CAN compatible- COMBO 2 ▪ CPL compatible - AC : Mode 3 and simplified Mode 3

C	▪ 3P + N + PE ▪ 400V AC +/- 5% ▪ 143 A (software limit control) ▪ PF >0.96 ▪ Eff: 95 % at nominal output Power ▪ Freq: 50 / 60 Hz ▪ Max DC output power 50kW ▪ Max DC current 120 A	▪ Mode 4 (IEC-61851-23/24) Combo-2 (DIN 70121) ▪ Mode 4 (IEC-61851-23/24) JEVS ▪ G105 (IEC-92196-3) ▪ Mode3 (IEC61851-1) Type 2 (IEC6296) tethered Cable CE / Combo-2 (DIN 70121) ▪ EN61851-23 CHAdeMO rev.0.9 certified
D	▪ 3P + N + PE ▪ 400V AC +/- 5% ▪ 143 A PF >0.96 ▪ Eff: 95 % at nominal output Power ▪ Freq: 50 / 60 Hz ▪ Max DC output power 50kW ▪ Max DC current 120 A	▪ Mode 4 (IEC-61851-23/24) Combo-2 (DIN 70121) ▪ Mode4 (IEC-61851-23/24) JEVS ▪ G105 (IEC-92196-3) ▪ Mode3 (IEC61851-1) Type 2 (IEC6296) tethered Cable CE / Combo-2 (DIN 70121) ▪ EN61851-23 CHAdeMO

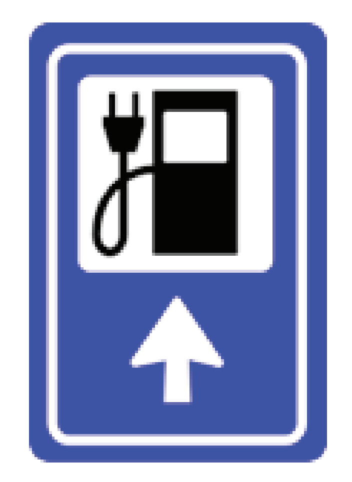
https://www.researchgate.net/publication/



شكل (29) هيكل الطاقة فى البنية التحتية لشحن السيارات الكهربائية



استخدام إشارة مرور
بأمريكا كعلامة لمحطة شحن



علامة محطة شحن
دولية في المجال العلم

شكل (30) نماذج لعلامات محطة شحن السيارات الكهربائية



الباب السابع

أنظمة شحن السيارات الكهربائية اللاسلكية

WIRELESS ELECTRIC VEHICLE CHARGING SYSTEMS



الباب السابع

أنظمة شحن السيارات الكهربائية اللاسلكية

Wireless Electric Vehicle Charging Systems

يتحول العالم الآن إلى التنقل المكهرب لتقليل انبعاثات الملوثات التي تسببها السيارات التي تعمل بالوقود الأحفوري غير المتجدد (وبذلك امكن توفير البديل للوقود الاحفورى) ولكن بالنسبة للسيارات الكهربائية، فإن نطاق السفر وعملية الشحن هما العنصران الرئيسيان اللذان يقيدان الاعتماده الكامل عليهما. يعتبر إدخال تقنية الشحن اللاسلكي أحد طرق العلاج، (عبارة عن نظام شحن ذو كفاءة عالية يستخدم المجال المغناطيسي لنقل التيار الكهربائي لاسلكيا بين ملفين تفصل بينهما مسافة تقدر بعدة أقدام)، تمتاز بمعالجة الانتظار الطويل لساعات في محطات الشحن، حيث يمكن الشحن أثناء قيادة السيارة الكهربائية.

بفضل العالم العظيم نيكولا تيسلا (Nikola Tesla) لاختراعاته المذهلة التي لا حدود لها والتي يعد فيها نقل الطاقة اللاسلكي أحدها. بدأ تجربته على نقل الطاقة اللاسلكية (wireless power transfer) في عام 1891 وطور ملف تسلا (Tesla coil) عبارة عن دائرة محول كهربائي رنيني، ويستخدم لإنتاج كهرباء ذات جهد عالي وتيار منخفض وتيار متناوب عالى الترددات.

تعمل وزارة المواصلات البريطانية على مشروع يتكلف 40 مليون إسترليني (53 مليون دولار) لاختبار إمكانية الشحن اللاسلكي على الطرق البريطانية للسيارات الكهربائية. ويعمل النظام عبر شرائح شحن على مسار الطريق تنقل الشحنات الكهربائية إلى قاع السيارات المارة فوقها لاسلكيا عبر مجالات مغناطيسية.

وتطبق بعض الشركات الشحن اللاسلكي للسيارات عند صفها فوق شرائح الشحن اللاسلكي ويتم ايضا اختبارات الشحن أثناء انطلاق السيارات على الطرق. يشمل المشروع البريطاني نشر شرائح الشحن في محطات الوقود ومواقف السيارات لإتاحة قيادة خالية من مخاوف فراغ الشحن من السيارات الكهربائية في المستقبل. وتقدم بعض الشركات التجارية الكثير من الحلول للشحن اللاسلكي للسيارات. ويمكن الشحن على كل السرعات في الطرق المزودة بشرائح الشحن اللاسلكي. كما فى شكل (1)

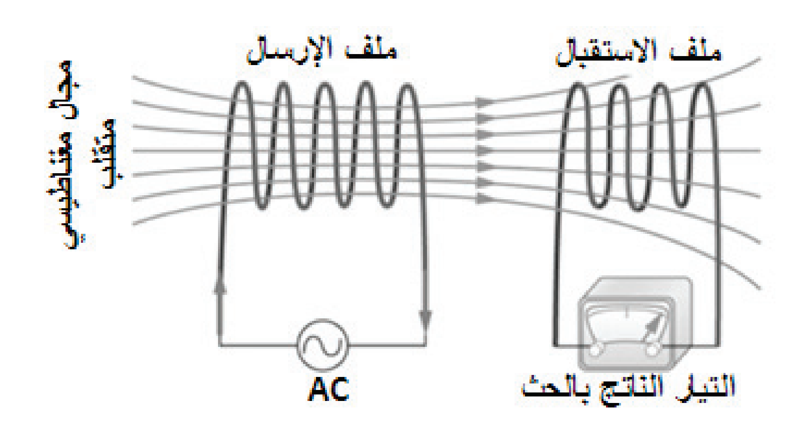


شكل (1) "حصيرة الشحن" لشحن السيارة الكهربائية اللاسلكية

نقل الطاقة اللاسلكية (Wireless Power Transfer) (WPT) هو نقل الطاقة الكهربائية بدون أسلاك ويستند إلى تقنيات تستخدم المجالات الكهربائية أو المغناطيسية أو الكهرومغناطيسية المتغيرة مع الزمن. والتى تعد مفيدًة لتشغيل الأجهزة الكهربائية

يمكن نقل الطاقة عبر مسافات قصيرة (نقل المجال القريب) عن طريق تبديل المجالات المغناطيسية والاقـتران الحثي بين الملفات، أو عن طريق تبديل المجالات الكهربائية والاقتران السـعوي بين الأقطاب المعدنية.

المبدأ الأساسـي للشحن اللاسـلكي هو نفس مبدأ عمل المحولات الكهربائية، شكل (2). في الشحن اللاسـلكي يوجد ملـف إرسـال (transmitting coil) وملـف اسـتقبال (receiving coil)، يتـم تحويل مصـدر التيار المتردد بجهد 220 فولـت أو 380 فولت، 50 هرتـز إلى تيار متناوب عـالي الـتردد، هذا التيار يغذى ملف الإرسـال، ثم يخلق مجالًا مغناطيسـيًا مـتردد يقطع ملف الاسـتقبال ويـؤدي إلى إنتاج مخرج قدرة (تيار متردد) في ملف الاسـتقبال. لكن الشـيء المهم للشـحن اللاسـلكي الفعال هو الحفاظ على تردد الرنين بين ملفى الإرسـال والاستقبال. للحفاظ على ترددات الرنين، تم إضـافة شـبكات تعويض على كلا الجانبين. وأخيرًا، يتم تحويل قدرة التيار المتردد في جانب جهاز الاسـتقبال إلى تيار مستمر وتغذيتها من خلال نظام إدارة البطارية (Battery Management System) (BMS)



شكل (2) تمثيل تواجد تيار بالحث نتيجة المجال المغناطيسى المتقلب

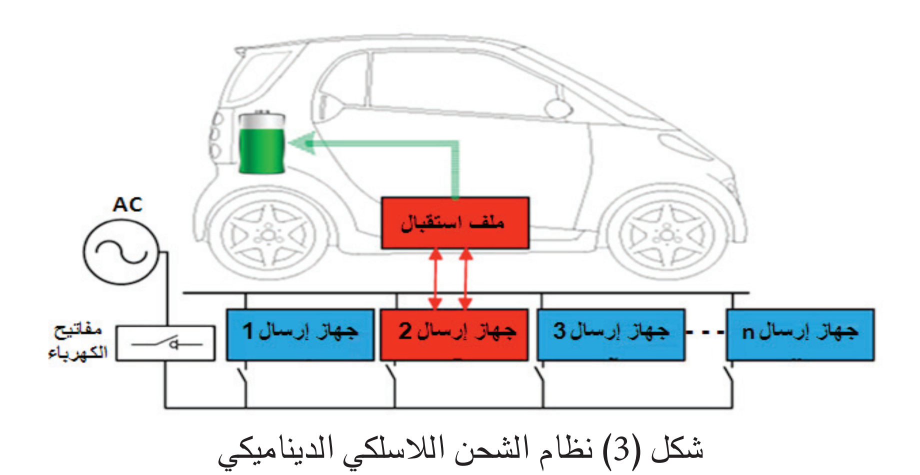
شحن لاسلكي ثابت وديناميكي (Static and Dynamic Wireless Charging)

استنادًا إلى التطبيق، يمكن تمييز أنظمة الشحن اللاسلكي للسيارات الكهربائية إلى فئتين هما شحن لاسلكي ديناميكي، شحن لاسلكي ثابت

– نظام الشحن اللاسلكي الديناميكي (Dynamic Wireless Charging System) (DWCS)

يشير الاسم الى انه يتم شحن السيارة أثناء الحركة. تنتقل الطاقة عبر الهواء من جهاز إرسال ثابت إلى ملف جهاز الاستقبال في السيارة المتحركة. من خلال استخدام هذا النظام، يمكن تحسين نطاق السفر من خلال الشحن المستمر للبطاريات أثناء القيادة على الطرق العادية والسريعة والتى يمكن ان تقلل من الحاجة إلى تخزين كبير للطاقة مما يقلل من وزن السيارة.

يوضح شكل (3) تمثيل نظام الشحن اللاسلكي الديناميكي

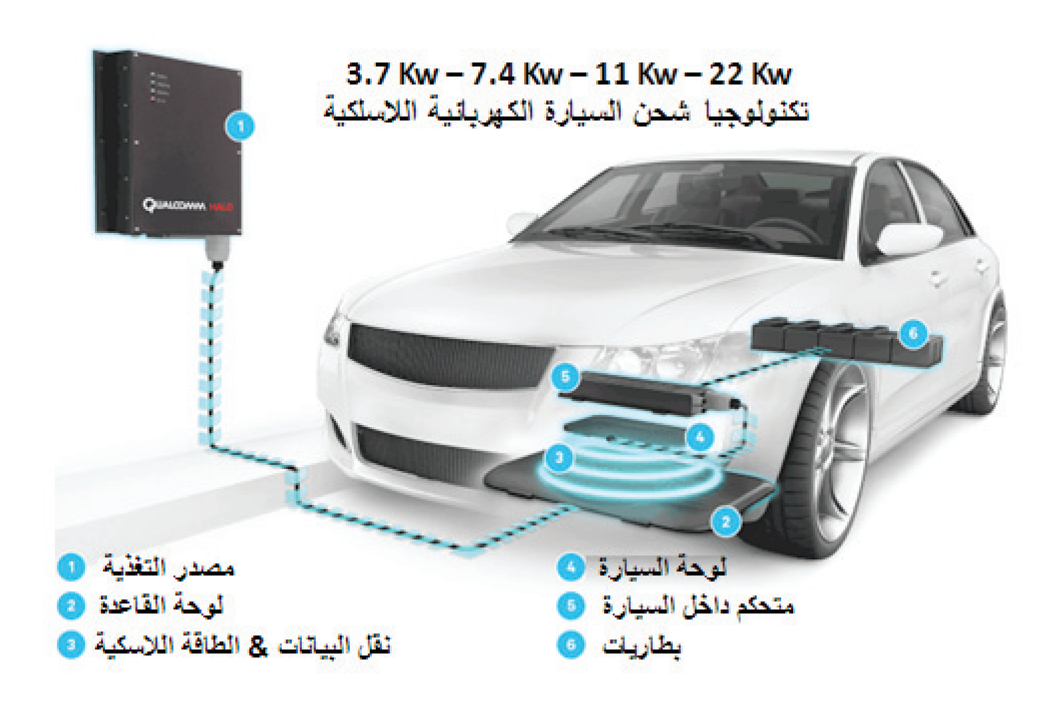


شكل (3) نظام الشحن اللاسلكي الديناميكي

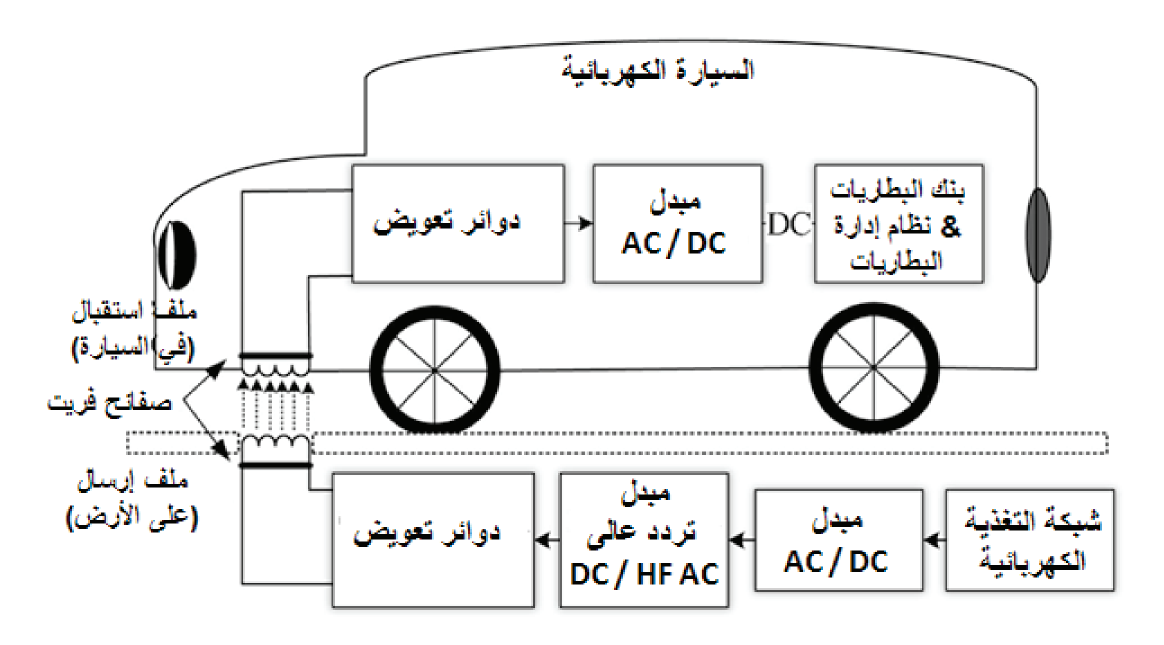
- نظام الشحن اللاسلكي الثابت (SWCS) (Static Wireless Charging System)

يشير الاسم الى انه يتم شحن السيارة عندما تظل ثابتة. اى يمكن إيقاف السيارة الكهربائية في مكان إنتظار السيارات أو في الجراج الذي تم دمجه مع نظام الشحن اللاسكى. يكون جهاز الإرسال تحت الأرض وجهاز الاستقبال في اسفل السيارة. لشحن السيارة يتم محاذاة جهاز الإرسال والاستقبال وتترك السيارة للشحن. يعتمد وقت الشحن على مستوى طاقة مصدر التيار المتردد والمسافة بين جهاز الإرسال وجهاز الاستقبال ومقاس اللوحات الخاصة بهم.

من الأفضل بناء أنظمة الشحن اللاسلكي الثابت (SWCS) في المناطق التي يتم فيها انتظار السيارات الكهربائية لفترة زمنية معينة.
يوضح شكل (4) تمثيل نظام الشحن اللاسلكي الثابت
ويبين شكل (5) مكونات نظام الشحن اللاسلكي الثابت



شكل (4) نظام الشحن اللاسلكي الثابت



شكل (5) مكونات نظام الشحن اللاسلكي الثابت

أنواع أنظمة شحن السيارات الكهربائية اللاسلكية (EV Wireless Charging System) (EVWCS)

بناءً على تقنيات التشغيل، يمكن تصنيف الأنظمة إلى أربعة أنواع

– نظام الشحن اللاسلكي السعوي
– نظام الشحن اللاسلكي بمعدات مغناطيسية دائمة
– نظام الشحن اللاسلكي الحثى
– نظام الشحن اللاسلكي الحثي الرنينى

1– نظام الشحن اللاسلكي السعوي Capacitive Wireless Charging System (CWCS)

يتم تحقيق النقل اللاسلكي للطاقة بين المرسل والمستقبل عن طريق تيار الإزاحة الناتج عن تغير المجال الكهربائي، يتم استخدام مكثفات الربط (coupling capacitors) لنقل الطاقة لاسلكيًا. أولا يغذى جهد التيار المتردد دائرة تصحيح معامل القدرة لتحسين الكفاءة والحفاظ على مستويات الجهد وتقليل المفقودات أثناء نقل الطاقة. ثم يتم تزويده بقنطرة لانتاج جهد تيار متردد عالي التردد والذى يسلط على لوحة الإرسال مما يتسبب في حدوث مجال كهربائي متذبذب مسببا تيار الإزاحة في لوحة المستقبل عن طريق الحث الكهربي الثابت (electro static induction). يتم تحويل جهد التيار المتردد (AC) على جانب المستقبل إلى تيار مستمر(DC) لتغذية البطارية من خلال نظام إدارة البطارية (BMS) بواسطة دوائر المقوم والمرشح. تعتمد كمية الطاقة المنقولة

على التردد والجهد وسعة مكثفات الربط والفجوة الهوائية (air-gap) بين جهاز الإرسال والاستقبال يتراوح تردد التشغيل بين 100 و600 كيلوهرتز

2– نظام الشحن اللاسلكي بمغناطيس دائم
Permanent Magnet Gear Wireless Charging System (PMWC)

يتكون كل من جهاز الإرسال والاستقبال من ملف عضو انتاج (armature winding) ومغناطيس دائم متزامن داخل الملف. تشبه عملية جانب المرسل تشغيل المحرك. عند تسليط التيار المتردد على ملف جهاز الإرسال فإنه يسبب عزمًا ميكانيكيًا على مغناطيس الإرسال ويسبب دورانه. يؤدى تغير التفاعل المغناطيسي في جهاز الإرسال، يتسبب المجال المغناطيس الدائم في عزم الدوران على جهاز الاستقبال مما يؤدي إلى دورانه بشكل متزامن مع مغناطيس جهاز الإرسال. يتسبب التغيير في المجال المغناطيسي الدائم لجهاز الاستقبال في إنتاج التيار المتردد في الملف، أي أن جهاز الاستقبال يعمل كمولد، اى طاقة ميكانيكية، إلى جهاز الاستقبال للحصول على مخرج كهربى عند ملف جهاز الاستقبال. ويشار إلى الربط المغناطيس الدائم الدوار بالتروس المغناطيسية. يتم تغذية طاقة التيار المتردد المولدة في جانب جهاز الاستقبال إلى البطاريات بعد اجراء عمليتى توحيد وترشيح من خلال مغيرات الطاقة (converters)

3– نظام الشحن اللاسلكي الحثى
Inductive Wireless Charging System (IWC)

يعتمد المبدأ الأساسي لهذا النظام على قانون فاراداي للحث. يتحقق الإرسال اللاسلكي للطاقة عن طريق الحث المتبادل للمجال المغناطيسي بين جهاز الإرسال وجهاز الاستقبال. عند تسليط مصدر التيار المتردد الرئيسي على ملف جهاز الإرسال، فإنه يخلق مجالاً مغناطيسيًا متردد يمر عبر ملف جهاز الاستقبال ويقوم هذا المجال المغناطيسي بإنتاج طاقة التيار المتردد بملف جهاز الاستقبال. يتم توحيد وترشيح مخرج التيار المتردد لشحن نظام تخزين الطاقة بالسيارة الكهربائية تعتمد كمية الطاقة المنقولة على التردد والمحاثة المتبادلة والمسافة بين جهاز الإرسال وملف الاستقبال. يكون تردد تشغيل النظام بين 19 و50 كيلو هرتز

4 – نظام الشحن اللاسلكي الحثي الرنينى
Resonant Inductive Wireless Charging System (RIWC)

معلوما ان لمعدات الرنين (resonators) ذات عامل الجودة العالية المقدرة على نقل الطاقة بمعدل أعلى بكثير، لذلك من خلال العمل عند الرنين، حتى مع المجالات المغناطيسية الضعيفة، يمكن نقل نفس كمية الطاقة الموجودة في نظام الشحن اللاسلكي الحثى. يمكن نقل الطاقة لمسافات طويلة بدون أسلاك. يحدث النقل الأقصى للطاقة عبر الهواء عندما يتم ضبط ملفات جهاز الإرسال والاستقبال، أي يجب مطابقة كل من ترددات الرنين. وللحصول على ترددات رنين جيدة، تتم إضافة دوائر تعويض إضافية فى تركيبة على التوالى والتوازى مع ملفات جهاز الإرسال والاستقبال. شبكات التعويض الإضافية تحسن تردد الرنين وتخفض أيضًا من المفقودات الإضافية. يتراوح تردد تشغيل هذا النظام بين 10 و150 كيلوهرتز

يوضح جدول (1) مقارنة بين خصائص انظمة شحن السيارات الكهربائية اللاسلكية

جدول (1) مقارنة بين خصائص انظمة شحن السيارات الكهربائية اللاسلكية

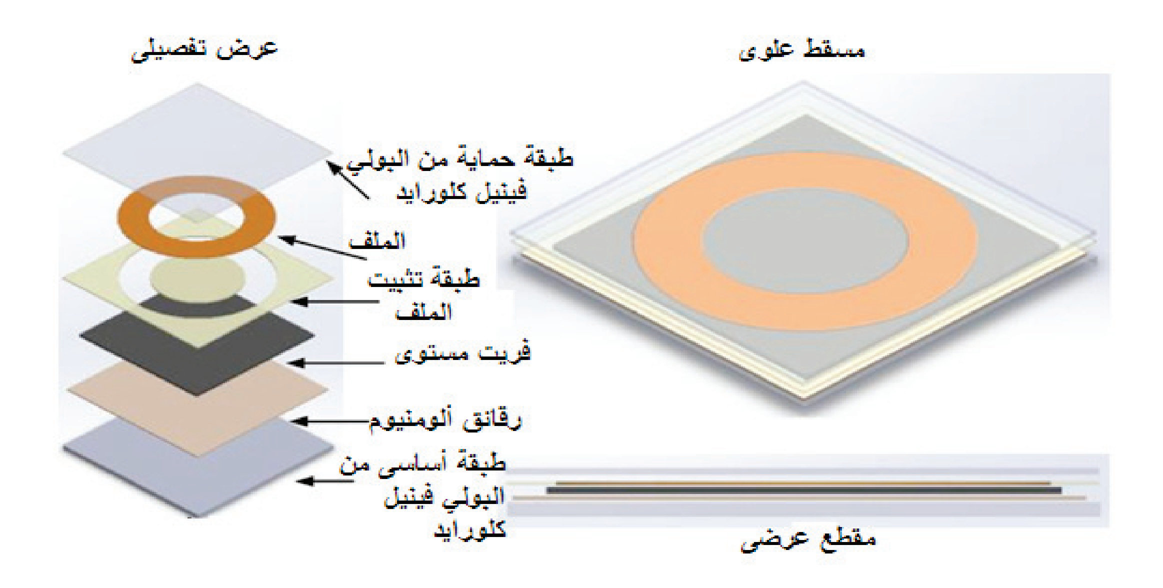
طرق نقل الطاقة اللاسلكية	الاداء			اسقرار نظام الشحن	مستوى القدرة	تصميم معقد	المقاس / الحجم	التكلفة
	مدى التردد (kHz)	التداخل الكهرومغناطيسى	الكفاءة					
حثى	19–50	متوسط	متوسط / عالى	عالى	متوسط / عالى	متوسط	متوسط	متوسط / عالى
سعوى	100–600	متوسط	منخفض / متوسط	منخفض / متوسط	منخفض	متوسط	منخفض	منخفض
مغناطيس دائم	0.05–0.500	عالى	منخفض / متوسط	منخفض / متوسط	متوسط / منخفض	عالى	عالى	عالى
حثي رنينى	10–150	منخفض	متوسط / عالى	عالى	متوسط / منخفض	متوسط	متوسط	متوسط / عالى

تقنية أنظمة الشحن اللاسلكي

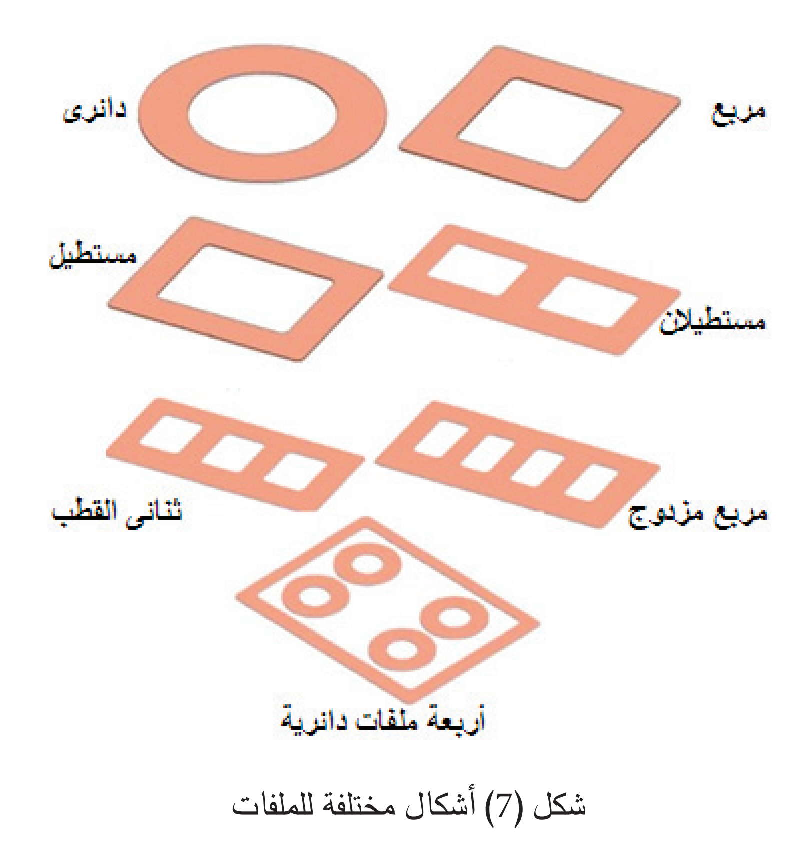
في أنظمة الشحن اللاسلكي، تتكون لوحتى الإرسال والاستقبال من طبقات متعددة من أجل الحصول على أقصى قدر من كفاءة نقل الطاقة وتقليل التداخل الكهرومغناطيسي مع فعالية التكلفة. هناك ثلاثة مكونات رئيسية للوحات اللاسلكية: الملف، ومواد الحماية (لوح من الفريت (ferrite) والألومنيوم)، والطبقات الواقية والداعمة. يوضح الشكل (6) طبقات لوحة الإرسال / لوحة الاستقبال فى أنظمة الشحن اللاسلكى.

يوضح شكل (7) أشكال مختلفة للملفات، تختلف الخصائص مثل : مدى المناسبة للقدرات العالية، الاداء، الفيض المتسرب، عاملات الكفاءة والجودة، عدم التوافق بين جهازى الإرسال والاستقبال وذلك تبعا لشكل الملف.

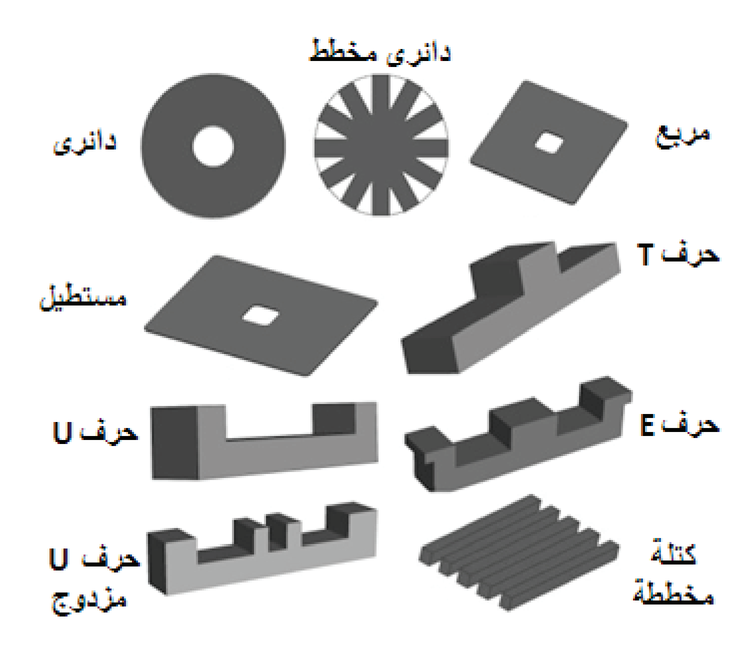
ويبين شكل (8) أشكال مختلفة للفريت، الفريت هو نوع من الحديد المغنط من خصائصه النفاذية (permeability) المغناطيسية العالية والموصلية (conductivity) الكهربائية المنخفضة (مما يساعد على منع التيارات الدوامية (eddy currents)
يوضح شكل (9) نموذجان لأستخدام مكونات مختلفة لأنظمة الشحن اللاسلكى



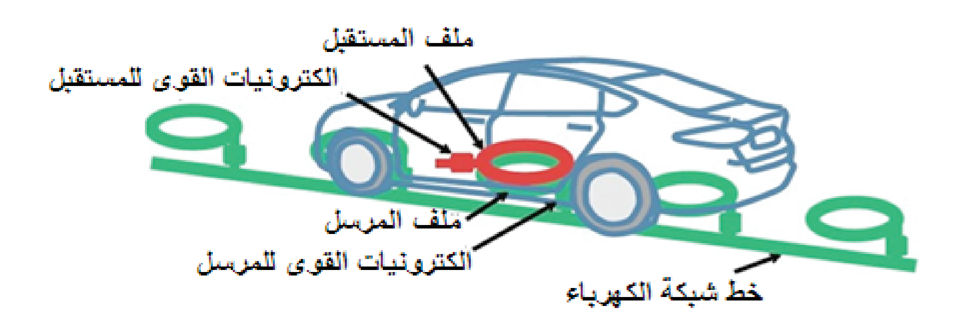
الشكل (6) طبقات لوحة الإرسال / لوحة الاستقبال فى أنظمة الشحن اللاسلكى

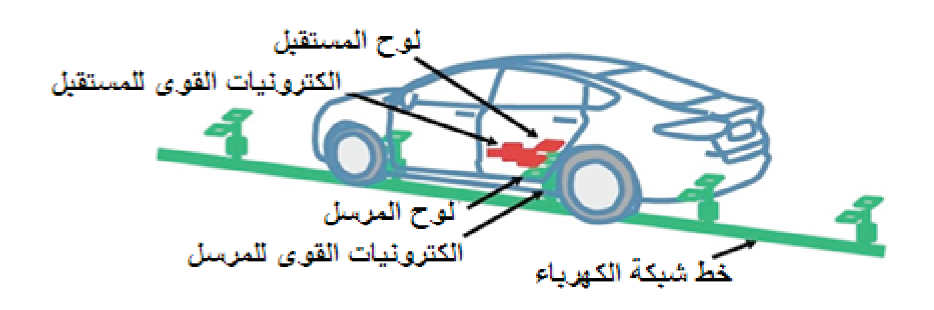


شكل (7) أشكال مختلفة للملفات



شكل (8) أشكال مختلفة للفريت





شكل (9) نموذجان لأستخدام مكونات مختلفة لأنظمة الشحن اللاسلكى

فوائد الشحن اللاسلكي

عند تنفيذ الشحن اللاسلكي بكامل طاقته، سيتم تقديم عدد من المزايا، والتي تشمل:

– الاستقلالية الكاملة: لم يتم بعد تطبيق المركبات ذاتية القيادة بالكامل لأنها لا تزال قيد التطوير. ومع ذلك، إذا لم تكن هناك حاجة للتوقف لشحن المركبات المستقلة، فيمكنها التحرك إلى أجل غير مسمى – أو على الأقل حتى تكون هناك حاجة للإصلاحات. هذا قد يزيد من النطاق والكفاءة التي يمكن استخدامها.

– غير مطلوب محطة الشحن : ليست هناك حاجة لوجود كابل للشحن اللاسلكي.

- عدم الحاجة للتوقف على جانبى الطريق لاحتياجها للشحن

- إمكانية سير السيارات ببطاريات اصغر حجما بكثير من حجمها الحالى

- تقليص وزن السيارة وتخفيض تكلفة صناعتها وصيانتها

- تجهيز الطرق بمعدات "الشحن بالتاثير" عملية امنة، وتمنح الطرق لمسة فنية اكثر جمالا، واقل إشغالا للمساحة

- المقدرة على قيادة السيارة على الطريق السريع وشحنها في نفس الوقت

- عدم وجود تأثير سلبي للمجال المغناطيسي على الجسم البشري اذا كان متواجد بين الملفين أو قربهما، وهذا مهم للسلامة البشرية.

- من الممكن إن تمتلك السيارة طاقه مخزونة في بطاريتها في نهاية الرحلة اكثر من الطاقة التي كانت موجودة في بداية الرِحلة

العوائق المحتملة للشحن اللاسلكي

– مفقودات الطاقة: هناك احتمال ان كفاءة الطاقة بنسبة 93%-90 ولكن يظل هناك فقد للطاقة أثناء النقل. على نطاق أوسع، يؤدي هذا إلى الكثير من الطاقة الضائعة التي تزيد من إجمالي كمية الكهرباء المطلوبة لتشغيل المركبات

- بناء البنية التحتية: عند إضافة الشحن اللاسلكي إلى الطرق، قد لا يكون تنفيذ البنية التحتية منطقيًا من الناحية الاقتصادية. للبدء، قد يقتصر على المناطق الحضرية ذات الكثافة السكانية العالية، مما سيحد المستخدم من المواقع المحددة مسبقًا.

- التأثيرات الصحية: قد تكون المجالات المغناطيسية التي تم إنشاؤها ضارة أو قد لا تكون كذلك يلزم إجراء المزيد من الفحوصات للتأكد من أن التعرض طويل المدى للمجالات المغناطيسية الضعيفة لن يمثل مشكلة.

- تتطلب حفر الطرق، وهى عملية تعطل الكثير من الاعمال وتكلف مبالغ طائلة

- تتطلب تجديد أنظمة الطرق السريعة



الباب الثامن
السيارات الشمسية
SOLAR CARS



الباب الثامن

السيارات الشمسية

SOLAR CARS

مع استمرار وتصاعد مظاهر التلوث البيئي والتوجه الدائم نحو الطاقة البديلة، سعت الدول والحكومات وشركات تصنيع وتطوير السيارات إلى إيجاد بديل آمن للسيارات بنموذجها التقليدى والتي تعمل بمحركات الاحتراق الداخلي وتعتمد على المشتقات البترولية (البنزين – الغاز الطبيعى). ومن أحد هذه البدائل ظهور وتشجيع السيارات الشمسية التي تعمل وتشحن بالطاقة الشمسية

إن الوقود (البنزين) عبارة عن مورد طبيعي وغير متجدد، وأن حرقه يسبب تلوث الهواء الذي يسبب أضرارا صحية وتغيرات مناخية وهو مرتفع الثمن، ويسبب استعماله المتزايد ونقصه وزيادة الطلب عليه أن تزداد تكلفته.

ومن المعلوم أنه ينتج عن الاحتراق الكامل للوقود: بخار مياه، وكميات محدودة من أكاسيد الكبريت والنتروجين بينما ينتح عن الاحتراق غير الكامل للوقود: أول أكسيد الكربون، وهيدروكربونات، وأكاسيد النيتروجين وأكاسيد الكبريت، أي أن ملوثات الهواء الناتجة عن احتراق الوقود من أكثر الملوثات انتشارا وتأثيرا في مكونات النظام البيئي، والتي تؤثر على الإنسان (من حيث التنفس- الطعام– الملبس– السكن) والنبات والحيوان.

كما تعتبر الطاقة الشمسية هى مصدر الطاقة الأساسي على سطح الكرة الأرضية ابتداءا من استعمالها في إتمام عملية التركيب الضوئي في النباتات وحتى إنتاج الطاقة الكهربائية. ومن مميزاتها: طاقة متجددة ومتوفرة تقريبا في كافة المناطق المأهولة من العالم، كما أنها مجانية واقتصادية، ولاتسبب تلوث للطبيعه أو البيئة، كما أنها تستعمل بدون حدود أو إعاقات وهي صديقة للبيئة.

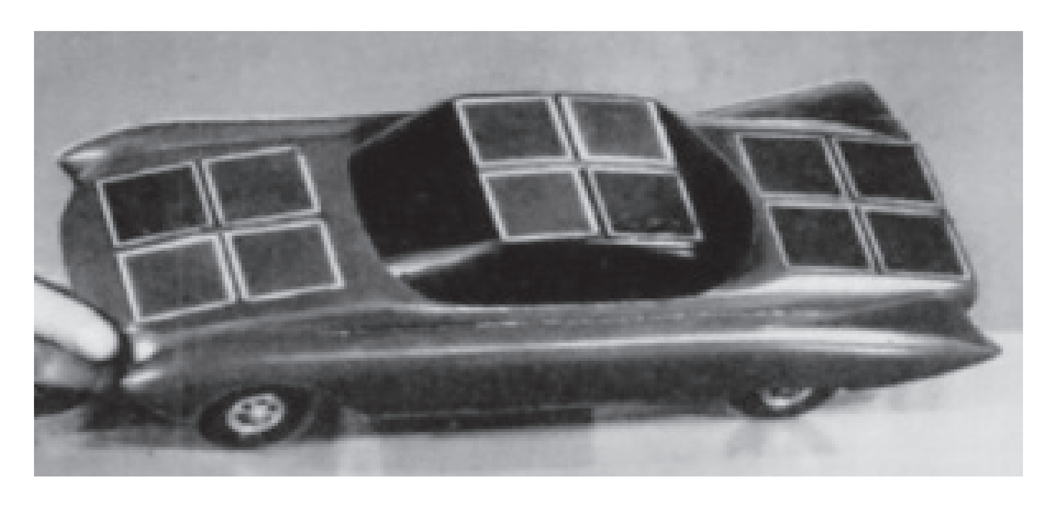
منذ وقت قريب، كانت السيارات الكهربائية المزودة بألواح شمسية مدمجة بمثابة حلم بعيد المنال، نظرا للثمن الباهظ، وثقل الوزن، ووصفها بأنها غير فعالة وغير عملية. حاليا مع تطور تكنولوجيا الخلايا الشمسية وبطاريات الشحن أصبحت السيارات الشمسية أكثر انتشارا

ففى عام 1890 اخترع الكيميائى الأمريكى موريسون وليام (William James Morrison) أول سيارة كهربائية (شكل (1)) وفيها استخدم 24 بطارية تخزين محسنة ذاتيا، لها وزن ضخم 14 كيلو جرام، كما لها مخرج تيار 112 أمبير وجهد 58 فولت لتغذى محرك كهربى قدرتة 4 حصان، هذه البطاريات كانت تحتاج إلى 10 ساعات لإعادة الشحن.



شكل (1) أول سيارة كهربائية تعمل بالبطاريات فى أمريكا

فى عام 1955 اخترع وليام كوب (William G. Cobb) أول سيارة شمسية أطلق عليها sunmobile كنموذج مصغر بطول 15 بوصة وتحتوى على 12 خلية (Module) شمسية مصنوعة من مادة السيلينوم غير المعدنى، والموضحة فى شكل (2)، بينما ظهرت أول سيارة شمسية قابلة للقيادة فى عام 1962 هذه السيارة استخدمت أكثر من 10640 خلية (Cell) شمسية مستقلة على أعلى سطح السيارة والموضحة فى شكل (3)



شكل (2) أول سيارة شمسية كنموذج مصغر



شكل (3) أول سيارة شمسية قابلة للقيادة

إن السيارة الشمسية هي سيارة مزودة بعدد من الألواح الشمسية مركبة أومدمجة على سطحها، ويوضح شكل (4) نماذج مختلفة، والتى تقوم باستقبال أشعة الشمس وتحولها إلى طاقة كهربائية. . تمر هذه الطاقة خلال دوائر تحكم وتنظيم للتيار الكهربائي بما يناسب المحرك أو المحركات التي تدير عجلات هذه السيارة. ففى البدايات كانت السيارة الشمسية طويلة وواسعة ومسطحة وذلك بهدف استغلال الطول والإتساع فى تعرض اللوحات الشمسية لأشعة الشمس وتقليل مقاومة الهواء خلال السير بقدر الإمكان، وكانت تتصف بالآتى :

– السرعة البطيئة

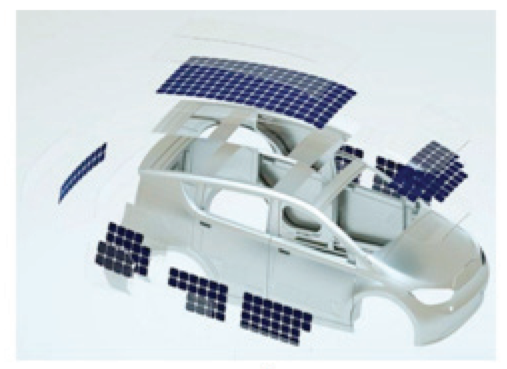
– البطاريات تزيد من ثقل السيارة وتسبب بطأها

– غالبا تصمم لشخص واحد فقط بهدف تقليل الوزن

حاليا أصبحت الألواح الشمسية أخف وزناً وأقل تكلفة وأكثر كفاءة ويمكن دمجها بسطح السيارة وعلى كلا الجانبين كما على الغطاء الخلفي.



مجموعة من الخلايا
الشمسية مركبة اعلى سقف
السيارة وعلى المقدمة



مجموعة من الخلايا
الشمسية يتم تركيبها علي
السيارة في اماكن مختلفة

شكل (4) نماذج لتركيب اللوحات الشمسية للسيارة الشمسية

مكونات السيارات الشمسية

المواد التي تصنع منها مكونات السيارات الشمسية يجب أن تكون خفيفة الوزن وسهلة التشكيل وشديدة المتانة، وأفضل هذه المواد هي الألمونيوم والألياف الزجاجية. . و. . . ويتم ضبطها بشكل دقيق جدا بحيث يراعى متانة هذه المواد ووزنها وسعرها. وعلى سبيل المثال يتكون الجزء الخارجي بشكل أساسي من مادة البولي كربونيت المضاد للصدأ [نوع من الراتنجات البلاستيكية] والذى يتصف بمقاومة الخدش ويوفر غطاء مقاومًا للكسر ومقاومًا للطقس. يوضح شكل (5) مكونات السيارة الشمسية : الخلايا الشمسية، محرك، منظم شحن، بنك بطاريات، منظم محرك والعجلات

الخلايا الشمسية الكهروضوئية هي عبارة عن تسلسل متوالي ومتوازي من الخلايا الشمسية التي عند تعرضها لضوء الشمس المباشر تنتج جهد كهربي داخلها مما يؤدي إلي مرور تيار كهربي مستمر وهي تصنع من مواد أشباه الموصلات المتراصة فوق بعضها كل منها يستطيع امتصاص طيف معين من الضوء الساقط عليها.

محرك السيارة الشمسية هو الجزء الأهم والذى يتصف بخفة الوزن إلي أبعد الحدود، والكفاءة العالية في التحويل من الطاقة الكهربائية إلي الطاقة الحركية، وجودة عالية للمواد الداخلة في تصنيعه وتجميعه، ويفضل استخدام أربع محركات للأربع عجلات.

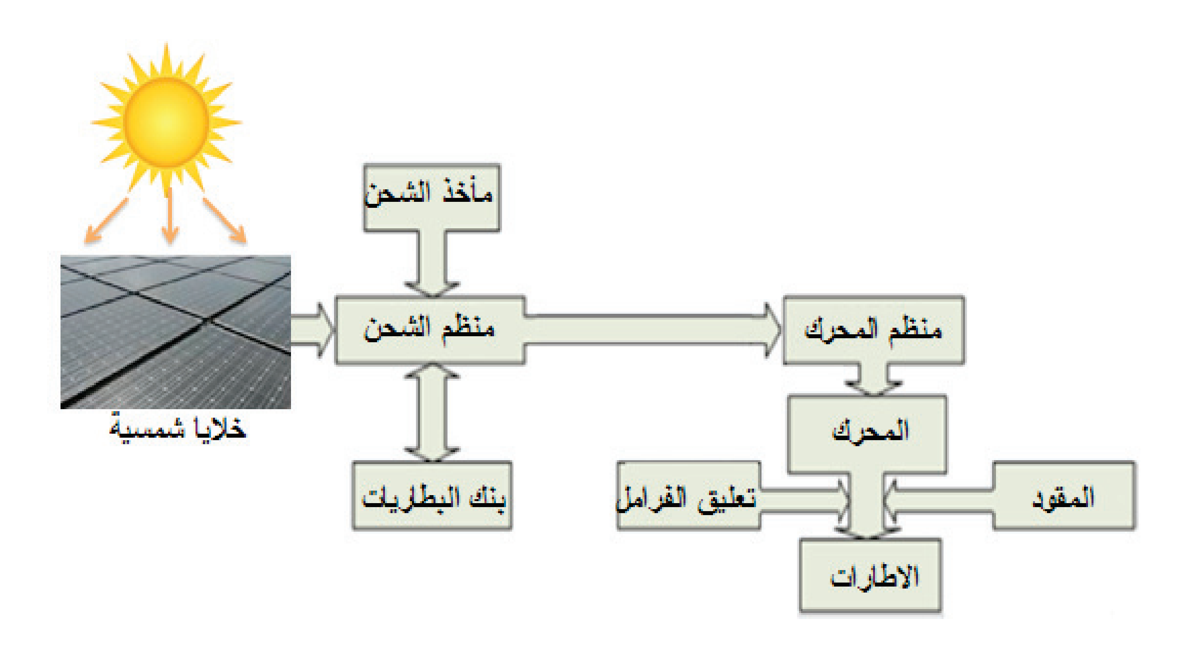
يقوم **منظم الشحن** بتعقب قدرة مخرج مجموعة الألواح الشمسية وتحويلها إلى جهد النظام المطلوب، أى يجهز الطاقة التى يمكن أن تستخدمها السيارة ثم يرسل الطاقة إلى بنك البطاريات

تقوم **البطاريات** بتخزين الطاقة من منظم الشحن وإتاحتها لإستخدام المحركات

بعد أن يقوم منظم الشحن بتحويل الطاقة إلى طاقة قابلة لاستخدام السيارة، فإنه يرسل إلى البطارية ثم تخزن الطاقة بها، ثم يتم إرسال هذه الطاقة إلى المحرك ومنظم التحكم فيه.

يقوم منظم التحكم فى المحرك بضبط كمية الطاقة التي تتدفق إلى المحرك لتتوافق مع دواسة الوقود، ويستخدم المحرك تلك الطاقة لقيادة العجلات

يراعى فى العجلات أن تكون خفيفة، ذات سمك رفيع، ومتانتها مرتفعة وهيكليتها سلكية، (ومن أفضل الأنواع ما يستخدم في دراجات السباقات الدولية لأنها تحقق كل الخصائص المطلوبة).
ويوضح شكل (6) نماذج لسيارات شمسية

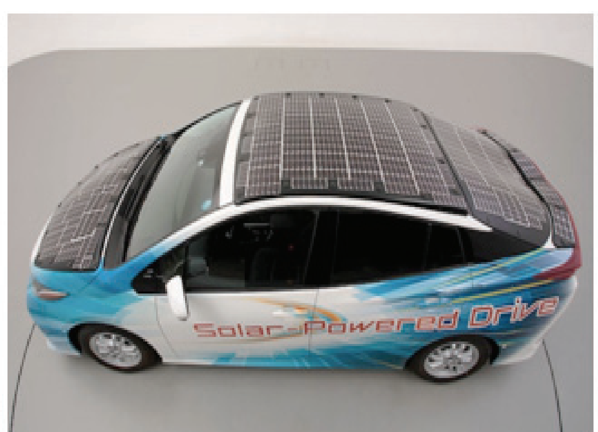


شكل (5) مكونات السيارة الشمسية

مميزات السيارات الشمسية :

- على عكس السيارات العادية، فإنها قادرة على الاستفادة من طاقتها الكاملة عند أي سرعة
- لا تتطلب أي مصاريف للتشغيل
- تنتج ضوضاء منخفضة أقل من السيارات العادية
- صيانة بسيطة وسهلة
- لا تنتج انبعاثات ضارة





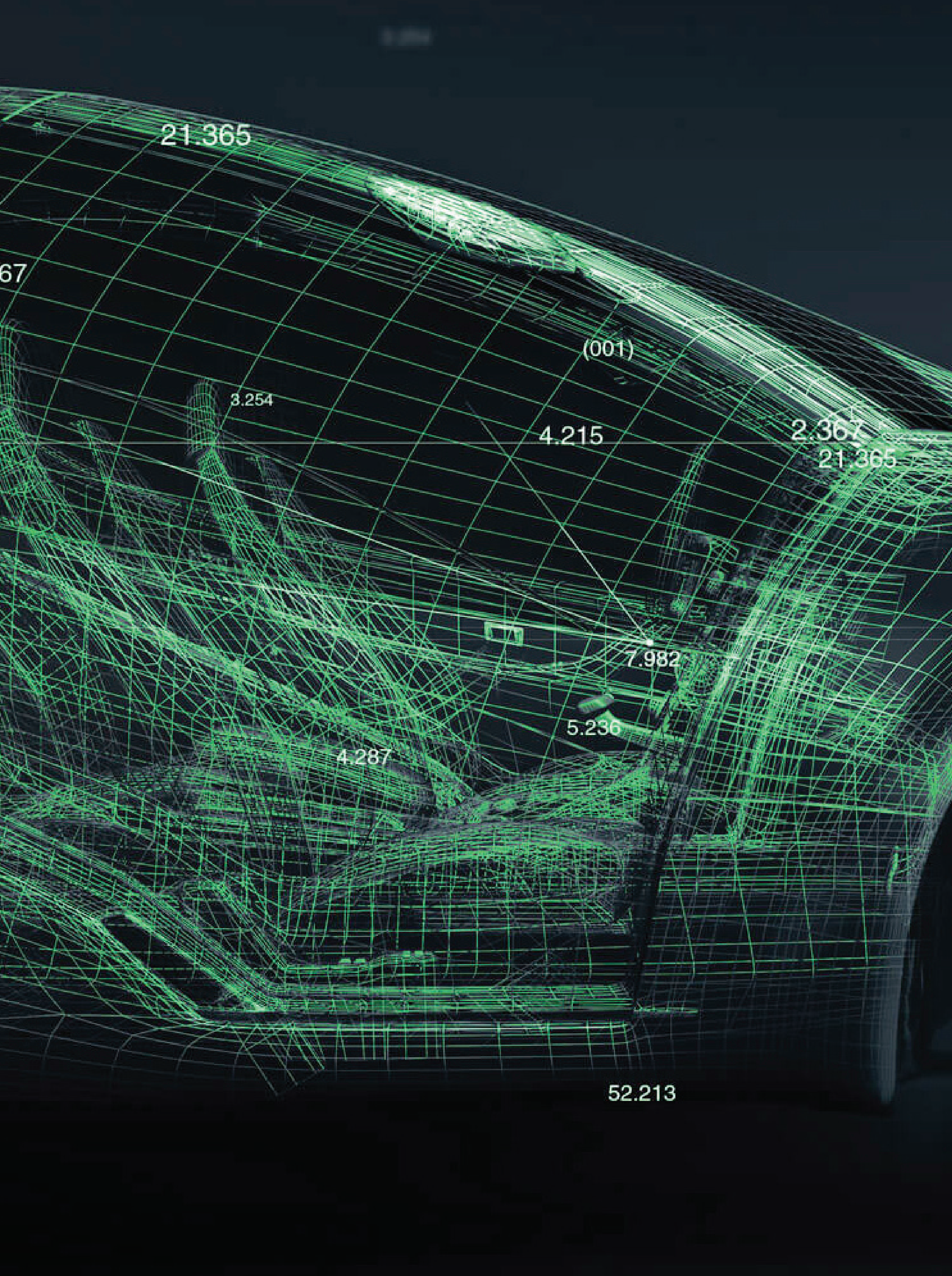
شكل (6) نماذج لسيارات شمسية

الباب التاسع

جودة التغذية الكهربائية والمركبات الكهربائية

POWER QUALITY AND ELECTRIC VEHICLES





21.365
(001)
3.254
4.215
2.367
21.365
7.982
5.236
4.287
52.213

الباب التاسع

جودة التغذية الكهربائية والمركبات الكهربائية

POWER QUALITY AND ELECTRIC VEHICLES

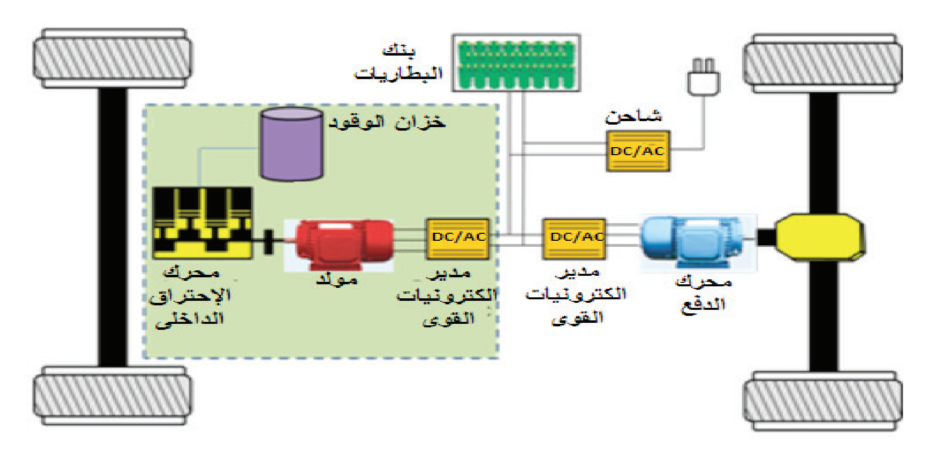
من المتوقع أن يزداد عدد السيارات الكهربائية بشكل كبير في المستقبل القريب في العديد من البلدان . والتى تُعرف عادةً باسم المركبات الكهربائية (EVs) وفيها تستخدم موحدات إلكترونيات القوى أساسي لشحن بنك بطارياتها . وقد ذكر سابقا ان التصنيف الاساسى للسيارات الكهربائية يكون :

(1) سيارة كهربائية ببطاريات (Electric vehicle with batteries)

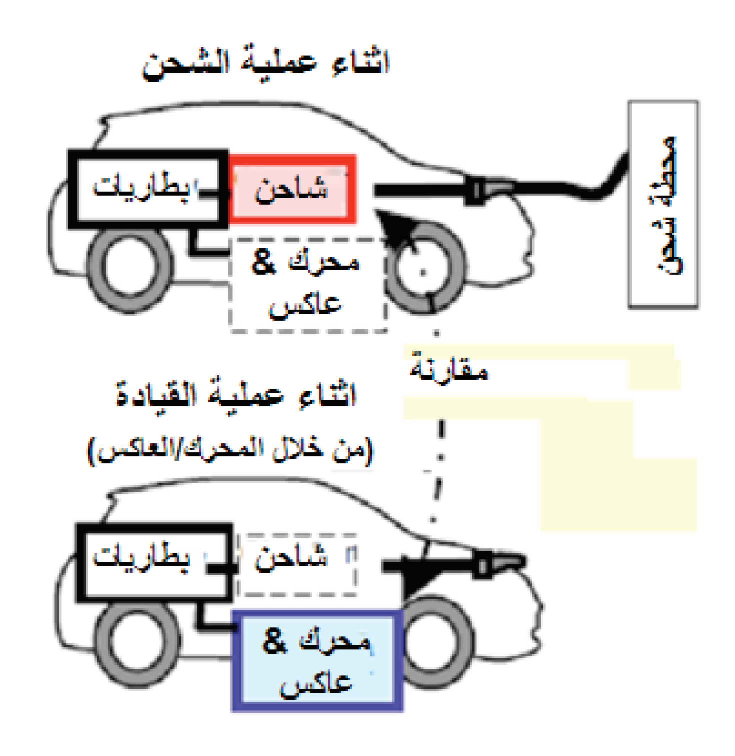
والتى تعمل فقط من خلال حزمة بطاريات (بنك بطاريات)

(2) سيارة كهربائية هجين بقابس (Plug - in hybrid electric vehicle) (PHEV) والتى تعمل من خلال حزمة بطاريات ومحرك الاحتراق الداخلى
(Internal combustion engine) (ICE)

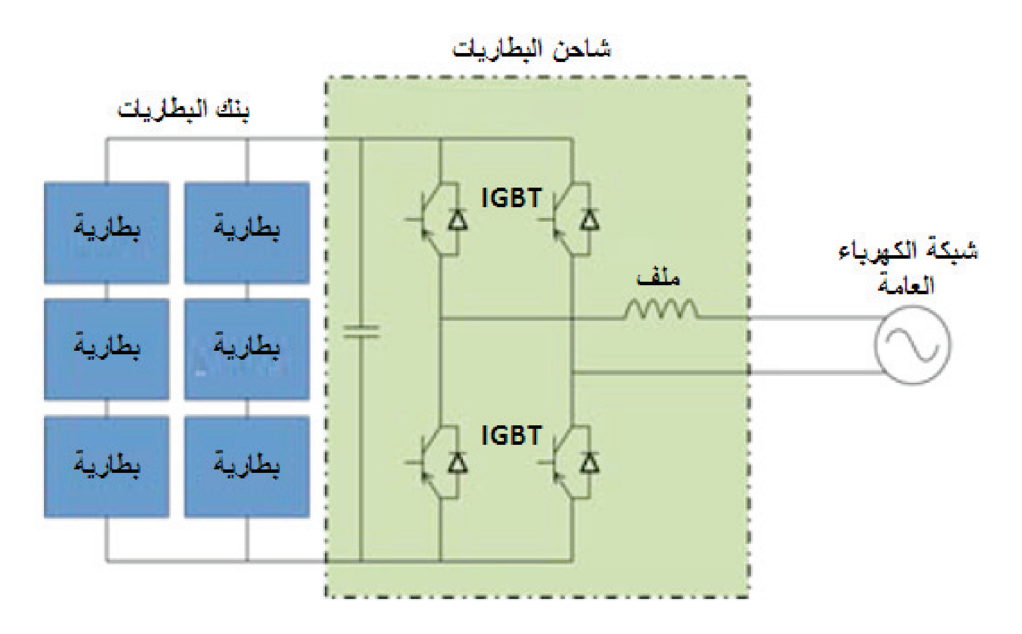
كلا النوعين تحتاج الى مصدر كهربى من الشبكة العامة وذلك لشحن البطاريات ، عموما تكون المكونات الرئيسية للسيارات الكهربائية الهجين ، والموضحة فى شكل (1) من : حزمة البطاريات ، الشاحن ، مديرات القدرة الالكترونية ، محرك الدفع الكهربى . بينما اثناء عملية الشحن تكون المكونات الفعالة فقط هى : البطاريات والشاحن وذلك لان السيارة لا تكون متحركة شكل (2) ، عندئذ ، كمثال ، تمثل السيارة بالدائرة الكهربائية الموضحة فى شكل (3) ، فى هذا الشكل يكون الشاحن اساسا موحد يحول التيار المتردد (من الشبكة) الى تيار مستمر لشحن البطاريات ، بصورة اساسية يكون الموحد من النوع الفعال(active) والذى فيه تستخدم معدات القدرة الالكترونية كأجهزة تحويل (switching) . فى شكل (3) تكون معدات القدرة الالكترونية من نوع ترانزستور ثنائى القطب بوابة معزولة (Insulated- gate bipolar transistor) (IGBT)



شكل (1) موضع الكترونيات القوى فى السيارة الهجين بمقبس داخل السيارة



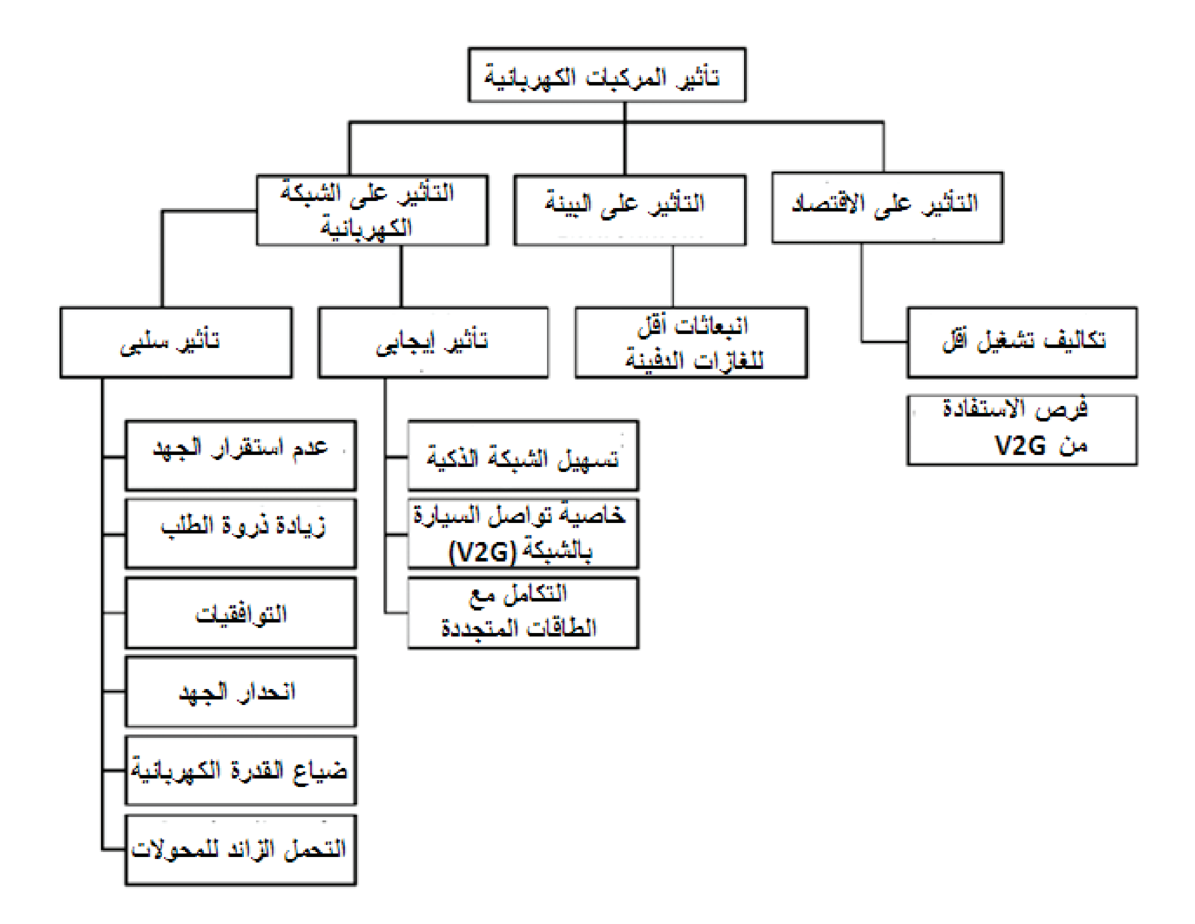
شكل (2) مكونات السيارة الكهربائية فى حالتى الشحن والقيادة



شكل (3) مثال للدائرة الكهربائية لشاحن البطاريات

يكون الشاحن اما من نوع موصل (conductive) أونوع حثي (inductive). يحتوى الشاحن مـن نوع الموصـل على قابـس (plug) داخلى لتحويله مباشرة لمصـدر التغذيـة الكهربائية، اى تستخدم وصـلة كهرباء بين مخرج الكهرباء والقابس الداخلى. يشتمل الشاحن الحثى على رابط مغناطيسـى كوحدة لتحويل الطاقة، بمقارنة نوعى الشـاحنين نجد ان الشـاحن الموصل ابسط فى التصميم وله كفاءة عالية وهو الأكثر شيوعا. نظرا لهذا التكوين والذى يتطور ويتقدم تكنولوجيا بصفة مستمرة وخاصة المكونات الألكترونية المعقدة، فقد ظهر العديد من آثار المركبات الكهربائية على كل من شـبكة الكهرباء العامة والبيئة والاقتصـاد، يوضح شكل (4) تصنيف آثار المركبات الكهربائية، والتى تصنف الى :

- التأثير على الشبكة الكهربائية (تأثير إيجابى، تأثير سلبى)
- التأثير على البيئة
- التأثير على الاقتصاد



شكل (4) الآثار الناتجة من المركبات الكهربائية على شبكة الكهرباء والبيئة والاقتصاد

أولا : التأثيرات الإيجابية (Positive Impacts)

على الجانب الإيجابي، يمكن أن تبرهن السيارات الكهربائية على أنها مفيدة جدًا لأنظمة الشبكات الكهربائية بعدة طرق منها :

(أ) تسهيلات الشبكة الذكية (Smart Grid)

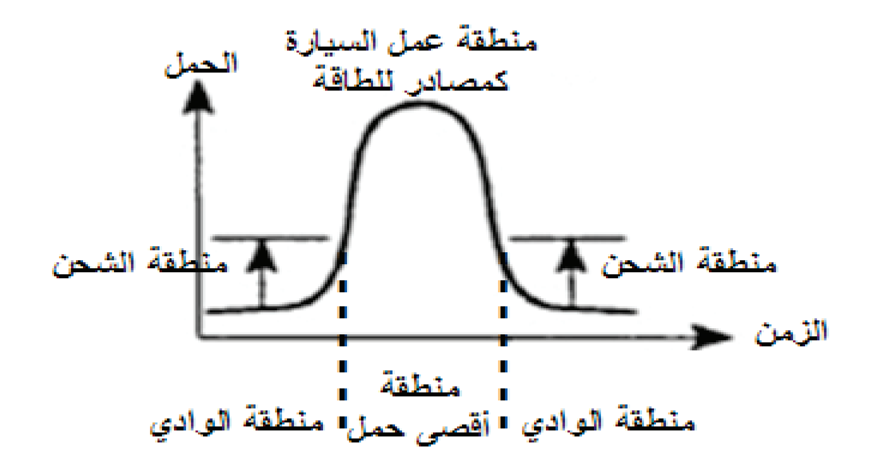
في نظام الشبكات الذكية، يتم دمج الاتصال الذكي واتخاذ القرار مع البنية الاساسية للشبكة. يُنظر إلى الشبكة الذكية إلى حد كبير على أنها المستقبل القادم لشبكات الكهرباء والتى ستوفر مجموعة واسعة من المزايا لتقديم إمدادات الطاقة، يمكن الاعتماد عليها والتحكم فيها متقدما. في مثل هذا النظام، يمكن تحقيق الشحن المنسق مسبقا ومناقشته بسهولة، كذلك التفاعل مع المستخدمين النهائيين. بالاضافة الى تفاعل السيارات الكهربائية والشبكة الذكية لتسهيل بعض الفرص مثل خاصية تواصل السيارة بالشبكة(V2G) وتكامل أفضل للطاقات المتجددة. في الواقع، تعتبر السيارات الكهربائية هي إحدى الأولويات الثماني المدرجة لإنشاء شبكات ذكية فعالة

(ب) السيارة إلى الشبكة (V2G or vehicle to grid)

هذه الخاصية تعنى انه يمكن للمركبة الكهربائية توفير الطاقة للشبكة العامة. في هذا النظام، تعمل السيارات (المركبات) كأحمال عندما تسحب الطاقة أثناء الشحن، ثم يمكن أن تصبح تخزينًا ديناميكيًا للطاقة عن طريق تغذية الطاقة مرة أخرى إلى الشبكة العامة. في الشحن المنسق، يتم تطبيق شحن السيارات (بأعتبارها أحمال) في منطقة الوادي من منحنى الحمل، يمكن أن تعمل السيارة كمصادر لتوفير الطاقة خلال ساعات ذروة منحنى الحمل، كما فى شكل (5). وعلى ذلك يمكن تحقيق خاصية V2G مع نظام الشبكة الذكية. من خلال الاستفادة من وظائف الشبكة الذكية، يمكن استخدام المركبات الكهربائية كأحمال ديناميكية أو أنظمة تخزين ديناميكية. يمكن أن يكون سريان الطاقة في هذا النظام أحادي الاتجاه أو ثنائي الاتجاه. النظام أحادي الاتجاه هو مرادف لنظام الشحن المنسق، ويتم شحن المركبات عندما يكون الحمل منخفضًا، ولكن يتم تحديد وقت شحن السيارات اتوماتيكيا بواسطة النظام. يمكن ببساطة توصيل المركبات التي تستخدم هذا المخطط في أي وقت مناسب، يقوم النظام باختيار الوقت وشحن السيارات. العدادات الذكية مطلوبة لتمكين هذا النظام. تعمل العدادات الذكية على تتبع الوحدات المستهلكة والمباعة وهيكلة القياس المتقدمة للتعرف على رسوم الوحدة في الوقت الفعلي وتحديد التكلفة الفعلية المرتبطة بالشحن أو التفريغ طبقا للوقت المحدد من اليوم.

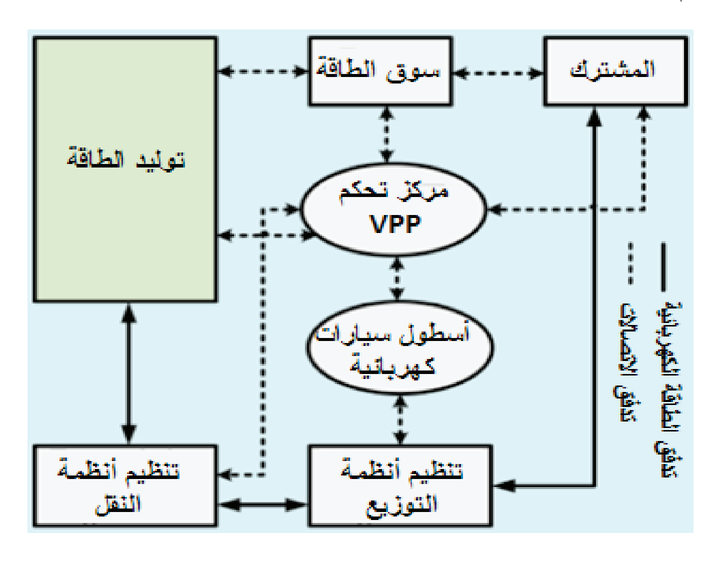
من خلال نظام الشحن المتغير للسائق، يمكن تقليل ذروة الطلب على الطاقة بنسبة 56%. يسمح النظام ثنائي الاتجاه للسيارات بإعادة الطاقة الكهربائية إلى الشبكة. في هذا السيناريو، ستوفر السيارات التي تستخدم هذا المخطط الطاقة للشبكة من خلال تخزينها واستخدامها عند الحاجة. هذه الطريقة لها العديد من الجوانب المثيرة للاهتمام. مع الدمج المتزايد لمصادر الطاقات المتجددة في الشبكة، حيث أصبح تخزين الطاقة لا غنى عنه للتغلب على فترة عدم توافرالطاقة المتجددة، ولكن اجراء التخزين له تكلفة مرتفعة جدًا. تمثل السيارات الكهربائية مخازن للطاقة، لا يتم استخدامها لفترة طويلة. مثال على ذلك يمكن أن تكون السيارات في مواقف السيارات في مبنى

المكاتب، حيث تظل غير مستخدمة حتى انتهاء ساعات العمل، أو التي يتم استخدامها في فترات معينة من العام، ولقد كشفت الدراسات أن: الكثير من السيارات تبقى متوقفة 95% من الوقت.



شكل (5) منحنى الحمل اليومى النموذجى لمصدر تغذية كهربائية من الشبكة العامة

يوجد مفهوم آخر لاستخدام الشبكة الذكية والسيارات الكهربائية معا، يعرف بمحطة الطاقة الافتراضية (VPP) virtual power plant وفيه يتم اعتبار مجموعة من المركبات كمحطة للطاقة والتعامل معها مثل وحدة في النظام. يوضح الشكل (6) مكونات محطة الطاقة الافتراضية والتحكم فيها



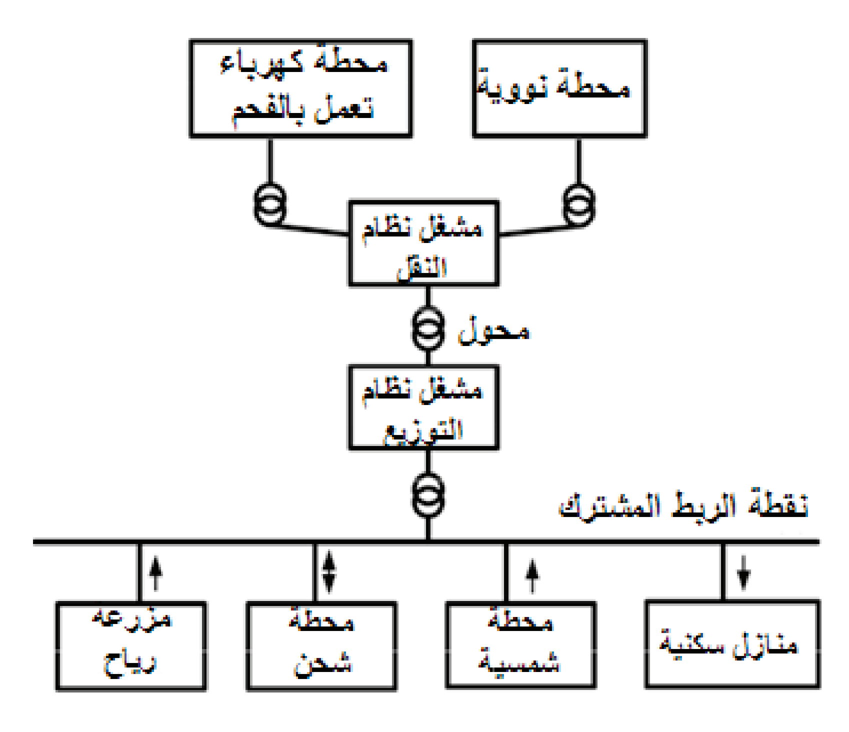
شكل (6) مكونات محطة الطاقة الافتراضية والتحكم فيها

تكامل مصادر الطاقة المتجددة (Integration of renewable energy sources)

سيصبح دمج استخدام الطاقة المتجددة مع المركبات الكهربائية واعدة جدا. حيث يمكن لمالكي السيارات الكهربائية ان يستخدموا الطاقة المتجددة لانتاج الكهرباء محليًا لشحن السيارات الخاصة بهم. تتمتع أسقف مواقف السيارات بإمكانيات عالية لوضع الألواح الكهروضوئية عليها، والتي يمكن من خلالها شحن السيارات المتوقفة تحتها، بالاضافة الى تزويد الشبكة في حالة الانتاج الزائد، مما يخدم زيادة نشر الطاقة المتجددة تجاريا. ايضا يساعد نظام V2G على دمج الطاقة المتجددة لشحن المركبات الكهربائية والشبكة، لأنه يتيح بيع الطاقة إلى مرفق الكهرباء عند وجود فائض، على سبيل المثال، عندما تكون السيارات متوقفة والنظام يعلم أن المستخدم سوف لا يحتاج للسيارة قبل وقت معين. يمكن لنظام V2G أيضًا تمكين زيادة مشاركة طاقة الرياح مع الشبكة في الانظمة المعزولة. يوضح الشكل (7) تكامل مزرعة رياح ومحطة شمسية مع محطة انتاج بالفحم التقليدي ومحطة طاقة نووية مع محطة شحن للسيارات الكهربائية التي تستخدم نظام V2G ثنائي الاتجاه.

يوضح شكل (8) محطة شحن تعمل بالطاقة الشمسية، ويبين شكل (9) مظلة موقف سيارات تحتوى على خلايا شمسية ومحطة شحن تعمل بالطاقة الشمسية.

يوضح شكل (10) نموذج لدمج بين شبكة الكهرباء العامة ومحطة شمسية ووحدة شحن الطاقة لشحن سيارة كهربائية ببطاريات، كذلك يمكن ان تكون السيارات الكهربائية بالبطاريات كمصدر للطاقة الكهربائية.

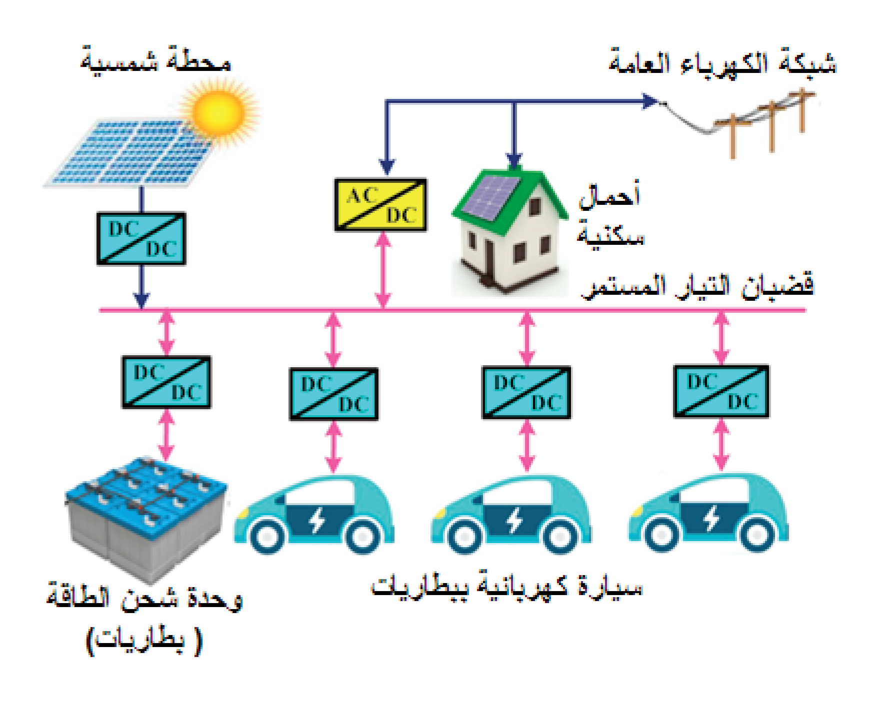


شكل (7) دمج وتكامل بين محطة شمسية ومزرعة رياح مع الشبكة العامة للكهرباء

شكل (8) محطة شحن تعمل بالطاقة الشمسية



شكل (9) مظلة موقف سيارات تحتوى على خلايا شمسية
ومحطة شحن تعمل بالطاقة الشمسية



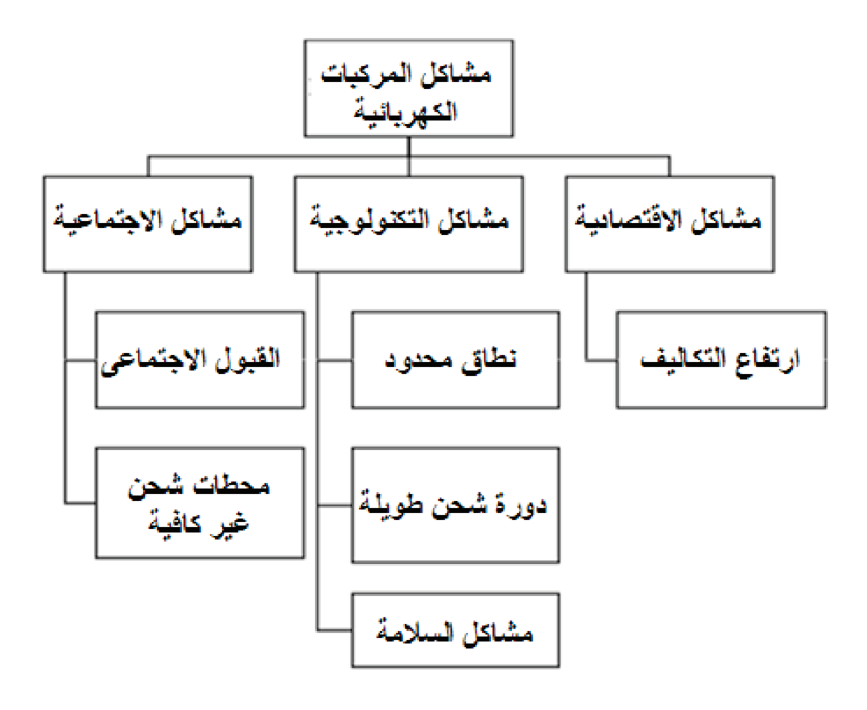
شكل (10) دمج بين شبكة الكهرباء العامة ومحطة شمسية ووحدة شحن الطاقة لشحن سيارة كهربائية ببطاريات

التأثير على البيئة(Impact on the environment)

أحد العوامل الرئيسية التي تدفع زيادة تطوير واستخدام المركبات الكهربائية، هو مساهمتها في الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة. تحرق مركبات محرك الاحتراق الداخلي التقليدية الوقود مباشرة وبالتالي تنتج غازات ضارة، بما في ذلك ثاني أكسيد الكربون وأول أكسيد الكربون. على الرغم من أن السيارات الهجين تحتوى على محركات الاحتراق الداخلى، الا ان انبعاثاتها أقل من المركبات التقليدية. ولكن هناك أيضًا نظريات تفيد بأن الطاقة الكهربائية التي تستهلكها المركبات الكهربائية يمكن أن تؤدي إلى انبعاث غازات الدفيئة من محطات توليد الطاقة التي يجب أن تنتج المزيد بسبب الحمل الإضافي المضاف في شكل شحن مركبات كهربائية. أيضا تنتج السيارات الكهربائية ضوضاء أقل بكثير عن السيارات التقليدية، والتي بالتالى تقلل إلى حد كبير من تلوث الصوت، وخاصة في المناطق الحضرية. ومع ذلك، فإن إعادة تدوير البطاريات يثير مخاوف خطيرة، حيث يوجد عدد قليل من المنظمات القادرة على إعادة تدوير بطاريات الليثيوم أيون بشكل كامل.

المشاكل الاجتماعية والتكنولوجية والاقتصادية
(Social technological and economic problems)

يوضح الشكل (11) تصنيف المشاكل الاجتماعية والتكنولوجية والاقتصادية التي تواجهها المركبات الكهربائية للقطاعات الثلاثة، من اهم المشاكل الاقتصادية تكاليف السيارات الكهربائية والتى تعتبرمرتفعة جدًا مقارنة بتكاليف نظرائهم من السيارات التقليدية، يرجع ذلك إلى ارتفاع تكلفة البطاريات وخلايا الوقود. للمساعدة فى تقليل هذا العامل، قدمت الحكومات في بلدان مختلفة مثل النرويج والمملكة المتحدة وألمانيا حوافز وإعفاءات ضريبية لمشتري السيارات الكهربائية. سيؤدي الإنتاج الضخم والتقدم التكنولوجي إلى انخفاض في أسعار البطاريات وكذلك خلايا الوقود. حاليا ظهرت بعض طرازات للسيارات الكهربائية بأسعار معقولة. يقترح جدول (1) بعض الحلول المحتملة الموجودة في العوامل الرئيسية، بينما يوضح الجدول (2) المعوقات في المكونات الرئيسية



شكل (11) تصنيف المشاكل الاجتماعية والتكنولوجية والاقتصادية التي تواجهها المركبات الكهربائية

جدول (1) المشاكل التي تواجهها المركبات الكهربائية والحلول المحتملة

المشكلة	الحل المحتمل
نطاق محدود	تحسين مصادر الطاقة وتكنولوجيا إدارة الطاقة
دورة شحن طويلة	تحسين تقنيات الشحن
مشاكل السلامة	مخطط تصنيع متقدم وجودة البناء
محطات شحن غير كافية	وضع محطات كافية قادرة على تقديم الخدمات لجميع أنواع المركبات
ارتفاع التكاليف	الإنتاج الضخم والتكنولوجيا المتقدمة والحوافز الحكومية

جدول (2) معوقات العناصر الرئيسية بالسيارات الكهربائية

العامل	المعوقات
إعادة الشحن	وزن الشاحن ، المتانة ، التكلفة ، إعادة التدوير والحجم ، زمن الشحن
السيارات الهجين	البطارية ، المتانة ، الوزن ، التكلفة
وحدة الطاقة المساعدة	الحجم ، التكلفة ، الوزن ، المتانة ، السلامة ، الموثوقية ، التبريد ، الكفاءة

لتحقيق أقصى استفادة من الطاقة المتاحة، تستخدم المركبات الكهربائية تقنيات الديناميكيات الهوائية المختلفة وتقليل الكتلة (aerodynamics and mass reduction)، وايضا باستخدم مواد خفيفة الوزن لتقليل وزن الجسم. ويتم استخدام الكبح التجديدي (Regenerative braking) لاستعادة الطاقة المفقودة في الكبح. يمكن تخزين الطاقة المستعادة بطرق مختلفة. يمكن تخزينه مباشرة في نظام تخزين الطاقة (Energy Storage System)(ESS)، أو يمكن تخزينه عن طريق ضغط الهواء من خلال المحرك الهيدروليكي، ويمكن أيضًا استخدام زنبرك (springs) لتخزين هذه الطاقة في شكل طاقة جاذبية.

ثانيا : التأثيرات السلبية على الشبكة الكهربائية (Negative impacts)

نظرا لان المكونات الرئيسية للسيارات الكهربائية تعتبرأحمال قدرة عالية والتى تؤثر بشكل مباشر على نظام توزيع الطاقة الكهربائية ويكون لها تأثيرات سلبية على الشبكة الكهربائية. من الآثار السلبية:

- مثلا تستهلك احد انواع البطاريات اثناء الشحن كمية 24 kWh وهى كمية مماثلة لاستهلاك اسرة فى يوم واحدة.
- يصبح الوضع مؤثرا للغاية إذا تم الشحن خلال ساعات الذروة، مما يؤدي إلى الحمل الزائد على النظام، وتلف مكونات النظام، والتشغيل الخاطىء لاجهزة الحماية، وعدم توازن الحمل، ونقص الطاقة الكهربية، وعدم الاستقرار، وانخفاض في موثوقية وتدهور جودة التغذية وبالتالي

زيادة في تكلفة البنية التحتية، فيما يلى سيتم عرض التأثيرات السلبية على الشبكة الكهربائية:

(1) عدم استقرار الجهد (Voltage instability)

عادة تشغل الشبكات الكهربائية عند حدود ثبات واستقرار الجهد بقدر الامكان. يمكن أن تسبب خصائص الاحمال عدم استقرار جهد الشبكات، والذى بدورة يمكن أن يؤدي إلى انقطاع التيار الكهربائي، مكونات السيارات الكهربائية كأحمال لها خصائص غير خطية، حيث تسحب كميات قدرة كبيرة في فترة زمنية قصيرة مسببة عدم اتزان شديد في جهد الشبكات الكهربائية. للسيارات الكهربائية ذات خصائص التحميل كمعاوقة ثابتة، عندئذ يمكن عند شحن عدد كثير من المركبات أن تدعم الشبكة الكهربائية دون التعرض لعدم الاستقرار. وحيث انه لا يمكن مسبقا افتراض نوع خصائص أحمال المركبات وبالتالي يظل استهلاكها للقدرة غير منتظمة؛ بالإضافة الى انه عند تشغيل عدد كبير من المركبات في وقت واحد فيمكن أن يؤدي ذلك إلى انتهاك حدود تشغيل شبكات التوزيع. بعض الابحاث اقترحت الاتى لتخفيف عدم استقرار الجهد:

- اخماد أو توهين التذبذبات (damping the oscillations) الناتجة عن شحن وتفريغ بطاريات المركبات باستخدام طريقة تحكم شاملة وواسعة المدى.

– تغيير وضع ضبط مغير الجهد للمحولات (tap settings of transformers)

– وضع نظام شحن مخطط له بشكل مناسب

– استخدام أنظمة التحكم مثل وحدات التحكم المنطقية (fuzzy logic controllers) وذلك لحساب الجهد وحالة الشحن (State of Charge) (SOC) للبطاريات

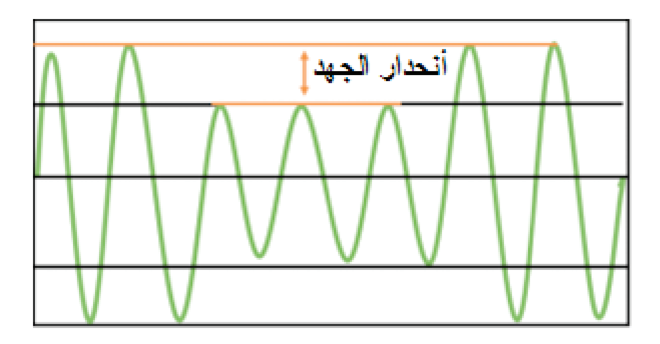
(2) زيادة ذروة الطلب (Increased peak demand)

تعتبر السيارات الكهربائية هي نوع جديد من الاحمال الكهربائية ستتصل بالشبكة العامة للكهرباء، والتى لم يتم تصميم الشبكات الكهربائية الحالية لهذا النمط من الحمل الجديد، الذي يتوافق مع أنظمة شحن البطاريات الخاصة بالمركبات الكهربائية. يمكن اعتبار المركبات الكهربائية كاحمالاً فعالة (active)، مما يزيد من الطلب على الشبكات أثناء الشحن. هذا الحمل يمثل نوعًا جديدًا من الحمل يظهر مشاكل جديدة لجودة التغذية. تنشأ هذه المشاكل من إمكانية الشحن المتزامن لعدد كبير من السيارات الكهربائية، والتي تؤدى الى زيادة ذروة الطلب على شبكات الكهرباء، وايضا من آثار الاستهلاك الحالي غير الجيبي لأنظمة شحن البطاريات

(3) أنحدار الجهد (Voltage Sag)

يشار إلى انخفاض قيمة جذر متوسط مربعات (RMS) الجهد لنصف دورة أو دقيقة واحدة. وينتج عن التحميل الزائد أو تيارات بداية التشغيل لبعض انواع المعدات الكهربائية، مثل شواحن السيارات الكهربائية ومغيرات القدرة. ذكرت بعض الابحاث أن مشاركة السيارات الكهربائية بنسبة 20% يمكن أن يسبب تجاوز أنحدار الجهد للحد المسموع به بالمواصفات القياسية. واشار مرجع اخر انه يمكن مشاركة السيارات بنسبة 60% دون أي تأثير سلبي إذا تم استخدام الشواحن ذات

دوائر التحكم. يوضح شكل (12) موجة جهد تحتوى على أنحدار الجهد



شكل (12) موجة جهد تحتوى على أنحدار الجهد

(4) ضياع القدرة الكهربائية (Power Loss)

عند شحن أو تفريغ بطاريات السيارة الكهربائية، يحدث فقد طاقة في السيارة وبمصدر ألانظمة المغذية للسيارة. يحدث الفقد الكهربى خاصة في أجهزة إلكترونيات القدرة المستخدمة لتحويل AC-DC في السيارة. سيؤدي التوصيل واسع النطاق للسيارات الهجين (PHEV) إلى عدم التاكد من تشغيل نظام الطاقة. مشاركة السيارات الكهربائية فى احمال الشبكة ينتج التوافقيات التي من شأنها تعطيل استراتيجيات الشبكات، وتخفيض الجهد وزيادة فقد القدرة الكهربائية

(5) التحميل الزائد للمحولات (Overloading of Transformers)

تؤثر شواحن السيارات الكهربائية بشكل مباشر على محولات التوزيع، حيث يمكن أن تؤدي احمالها الى حرارة إضافية مسببة زيادة معدل تقادم المحولات، اعتمادا على درجة الحرارة المحيطة.

يتم تقدير عمر المحول طبقا للعوامل الاتية :

- معدل مشاركة السيارات الكهربائية
- وقت بدء الشحن
- درجة الحرارة المحيطة

يذكر أن المحولات يمكن أن تتحمل مشاركة السيارات بنسبة 10% دون حدوث أي انخفاض في العمر. عرض احد الابحاث ان استخدام شحن المستوى (1) يكون له تأثير عديم الاهمية على عمر المحول، ولكن التاثير يصبح مؤثرا عند استخدام شحن المستوى (2) والذى يمكن ان يؤدى الى عطل المحولات. ذكر ايضا ان نسبة مشاركة 20% للسيارات الهجين شحن مستوى (1) تؤدى الى التحميل الزائد للمحولات، بينما المستوى (2) يفعل ذلك بنسبة مشاركة % 10

(6) التوافقيات (Harmonics)

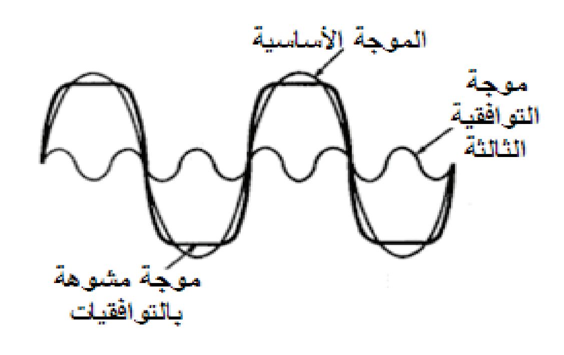
تسبب الاحمال غير الخطية (non-linear)، مثل متحكمات شحن السيارات الكهربائية، تشوة فى موجة التيار نتيجة احتوائها على مفاتيح الكترونيات القوى المستخدمة لتحويل التيار المتردد الى تيار مستمر. قد تؤثر هذه الدوائر بشكل كبير على جودة التغذية الكهربائية في صورة اضطرابات بشبكات التوزيع للجهدين المتوسط والمنخفض، والتى من اكثرها تاثيرا التشوة بالتوافقيات.

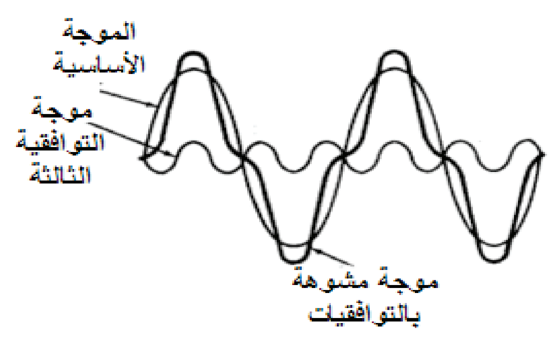
تعرف التوافقيات (Harmonics) رياضياً بأنها مكون له تردد يساوى عدد صحيح من مضاعفات التردد الأساسي والذي يمكن الحصول عليه باستخدام نظرية سلسلة فورييه الفردية (classical single Fourier series theory). في منهجية جودة التغذية الكهربائية، يتم استخدام تردد نظام القدرة (50 أو 60 هرتز) كتردد أساسي ويتم تحديد المضاعفات الصحيحة للتردد الأساسي والتى تعرف بدرجة التوافقية (harmonic order)

[مثلا تردد التوافقية الثالثة = 3 × 50 = 150 هرتز، وتردد التوافقية الخامسة = 5 × 50 = 250 هرتز...وهكذا].

يوضح شكل (13) مثالان لموجتان مشوهتان بالتوافقية الثالثة

ويوضح شكل (14) موجة مشوهة بالتوافقيات الثالثة والخامسة والسابعة





شكل (13) مثالان لموجتان مشوهتان بالتوافقية الثالثة



شكل (14) موجة مشوهة بالتوافقيات الثالثة والخامسة والسابعة

يمكن ان يحدث التشوه كالاتى :

- بالتوافقيات عند الترددات أقل من 2 كيلو هرتز (harmonics) [اى عند درجة التوافقية أقل من 40 للتردد الاسمى 50 هرتز]

بفوق التوافقيات عند الترددات ما فوق 2 كيلو هرتز حتى 150 كيلو هرتز (supraharmon-ics) [اى عند درجة التوافقية أعلى من 40 للتردد الاسمى 50 هرتز]

يعتمد انبعاث التوافقيات للسيارات الكهربائية بشدة على تشويه جهد المصدر، بينما تعتمد انبعاث التوافقيات للتردات فوق العالية على تردد التحويل ومضاعفاتها والذى يتم تحديده في الغالب عند تصميم دوائر مرشح المركبات الكهربائية

بعض المفاهيم الأساسية للتشوة بالتوافقيات

يمكن فهم مشاكل التوافقيات بشكل أفضل من خلال النظر في بعض المفاهيم الأساسية مثل :

- تسبب توافقيات التيار تشوة بموجة جهد مصدر التغذية الكهربائية، ويمكن ان تؤدى الى اعطال وانهيار لبعض اجزاء شبكة توزيع الكهرباء وخاصة المحتوية على مكونات مغناطيسية (محول التوزيع - المحركات -. . .)

- أصل مشاكل التوافقيات هي أجهزة كهربائية تكون كأحمال تستهلك تيارات مشوهة (تسمى أجهزة استقبال "غير خطية") من امثلة الاحمال غير الخطية شواحن بطاريات السيارات الكهربائية نتيجة احتوائها على مغيرات وعاكسات من الكترونيات القدرة (AC-DC). يوضح شكل (15) مثال لذلك

تمثل الشواحن ربط أو اتصال بين السيارة والشبكة الكهربائية كالاتى :

(أ) فى شواحن المستوى (1) & المستوى (2) يتم شحن السيارة من خلال موحدات تحكم AC/DC داخل السيارة ترتبط مع الشبكة عن طريق موصل احدى الطور

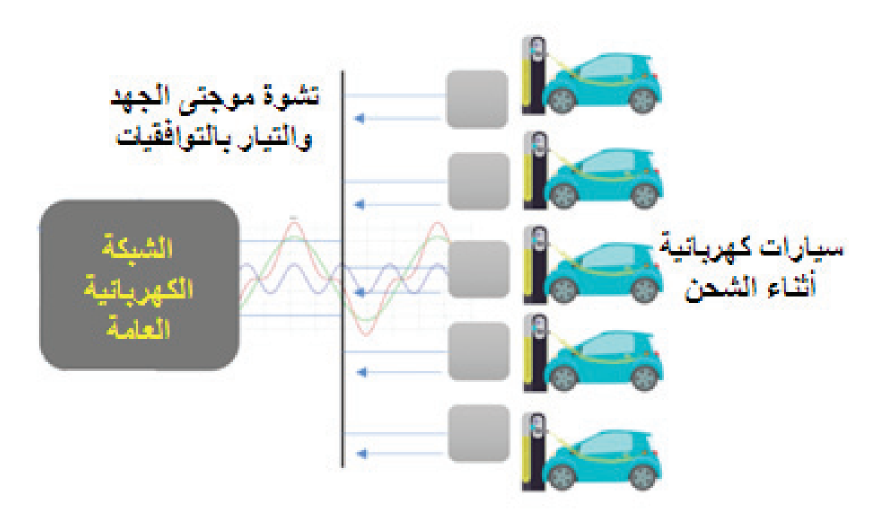
(ب) فى شواحن المستوى (3)، وهى شواحن التيار المستمر السريعة، يتم التحكم فى الشحن من خلال الالكترونيات الموجودة فى متحكم محطة الشحن

– تعتمد مشكلة الانتشار للمستخدمين الآخرين المتصلين بالشبكة نفسها على مقاومة الشبكة العامة لشركة التوزيع. هذه الممانعة (أو المعاوقة) ليست عادةً مباشرة، ولكن يمكن حسابها من القيمة المتاحة لتيارات قصر الدائرة (كلما زادت تيارات قصير الدائرة، كلما كانت المعاوقة أقل).

- يمكن ان يوجد لدى شبكة المستخدمين تفريعات من خطوط توزيع الحمل النهائي. وبالتالي، قد تُعزى المشاكل التي قد تنشأ عند توصيل التيار الكهربائي لانخفاض تيارات قصر الدائرة، وفي كثير من الحالات، غالبًا ما تكون المشاكل قد نشأت نتيجة وجود احمال بعيدة عن بداية التغذية الكهربائية بسبب ممانعات خطوط الانشاءات نفسها.

– يمكن أن تتفاقم مشكلة تشوه الجهد عند نقطة الربط المشترك (point of common coupling) (PCC) بسبب احتمال حدوث الرنين بين مكثفات تعويض معامل القدرة وحاثة خطوط التوزيع (للمحولات والخطوط).

عموما تمثل وحدات شحن السيارات الكهربائية، كاحمال كهربائية، مشاكل لانظمة الطاقة الكهربائية والمكونات المرتبطة بها، فى الوقت الذى كان هناك محاولات مختلفة لتصنيف هذه الشواحن، حيث يختلف كل تصميم، شاحن عن التصميم التالى وعادة ما يحتوى على نوع خاص من التصميم، مما يجعل مهمة التصنيف اكثر صعوبة وتعقيدا.



شكل (15) السيارات الكهربائية مصدر للتوافقيات

وجود التوافقيات في شبكة الكهرباء العامة لها عواقب عديدة. من اكثرها تاثيرا :

- ظهور اضطرابات فى جودة التغذية الكهربائية مما يؤثر على الاحمال الحساسة.

– التحميل الزائد والرنين المتوازي المحتمل بين محاثة الخط ومكثفات تعويض معامل القدرة

- انخفاض معامل القدرة

– التحميل الزائد للكابلات والمحولات (زيادات حادة جدا في مفقودات الحديد).

– الفصل الخاطىء غير المرغوب لأجهزة الحماية.

لتجنب هذه المشكلات، هناك معايير تحدد الحد الأدنى من جودة التغذية التي تحد من مستويات التشوه الاقصى لموجة الجهد عند نقطة الربط بالشبكة العامة (PCC) تسمى هذه الحدود حدود التوافق

ترددات فوق التوافقيات (supraharmonics)

يعرف هذا التشوة للموجات المحتوية على ترددات ما فوق 2 كيلو هرتز حتى 150 كيلو هرتز [اى عند درجة التوافقية أعلى من 40 للتردد الاسمى 50 هرتز]. تعتمد انبعاث التوافقيات للترددات فوق العالية على تردد التحويل ومضاعفاتها والذى يتم تحديده في الغالب عند تصميم دوائر مرشحات السيارات الكهربائية. يوجد مصدران رئيسيان للترددات فوق التوافقيات، وهما مغيرات إلكترونيات القدرة المحتوية على التحويل الفعال أو السلبى (active or passive)، ومرسلات الاتصالات على خط القدرة (transmitters of power-line communication)، وعند إدخال الصمامات ذاتية التبديل(self-commutated valves)، تحولت التشوهات بالتوافقيات من ترددات التوافقياتٍ إلى فوق التوافقيات. حيث تم تصميم المنتجات لتلبية حدود التشوهات عند ترددات التوافقيات ولكن بدلاً من ذلك زادت التشوهات عند الترددات الأعلى.

يوضح جدول (3) بعض مصادر فوق التوافقيات

شكل (16) تمثيل موجة التيار (أ) وانبعاث الترددات فوق التوافقيات (ب) لشاحن السيارة الكهربائية

تعريف : مفاتيح التبديل الذاتي، هى مفاتيح من أشباه الموصلات ذاتية التبديل. من خصائصها العامة المقدرة على التشغيل أو الإيقاف حسب الرغبة باستخدام شكل من أشكال إشارة منخفضة الطاقة (إما الجهد أو التيار المتحكم به) في طرف ثالث (بوابة أو قاعدة)، وعادة لديهم المقدرة على التحكم في التيار فقط في الاتجاه الأمامي. ومن أمثلة ذلك:

GTO = gate turn-off thyristor

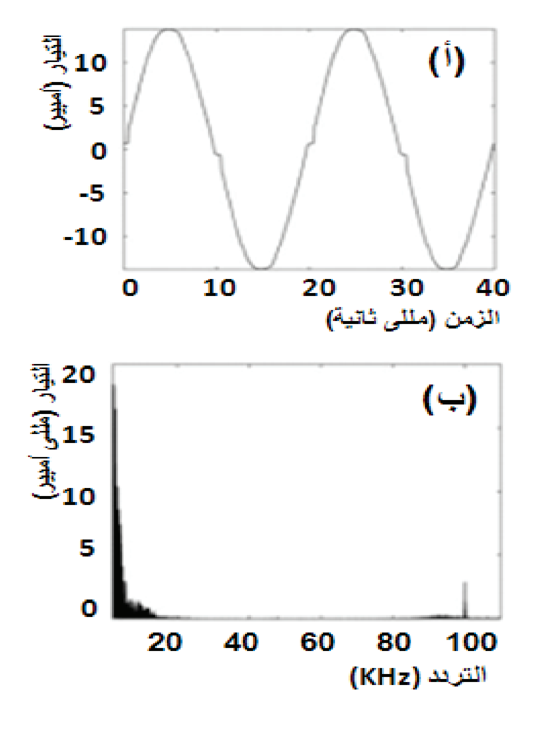
MOSFET = metal-oxide semiconductor field-effect transistor

BJT = Bipolar Junction Transistor

IGBT = Insulated Gate Bipolar Transistor

جدول (3) بعض الاحمال المسببة للترددات فوق التوافقيات

المعدة	حدود ترددات فوق التوافقيات
مغيرات الحجم الصناعى (Industrial size converters)	9 to 150 kHz
التذبذبات حول نقرات التبديل (Oscillations around commutation notches)	up to 10 kHz
شواحن السيارات الكهربائية (EV) (chargers)	15 kHz to 100 kHz
العاكسات (Inverters)	4 kHz to 20 kHz
اتصالات على خط القدرة (Power line communication، AMR)	9 to 95 kHz



شكل (16) تمثيل موجة التيار (أ) وانبعاثات الترددات فوق التوافقيات (ب) لشاحن السيارة الكهربائية

الاثار السلبية نتيجة وجود نطاق ترددات من 2 إلى 150 كيلو هرتز

تحدد القائمة التالية بعض المشاكل المحتمل حدوثها على الأجهزة الأخرى المتصلة بالشبكة الكهربائية:

- زيادة التيارات السعوية التي يمكن أن تضر بمصدر الطاقة، وتزيد من تيارات مسار التعادل وبالتالي تزيد من مخاطر السلامة
- فشل في مكونات التشغيل التي يتم التحكم فيها باللمس وايضا بمعتمات (dimmers) المصابيح
- تقليل عمر تشغيل المصابيح الـ LED
- مشاكل بوسائل الاتصالات على سبيل المثال، المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة PLC (programmable logic controller)
- ارتفاع درجة حرارة المحولات ولوحات المكثفات
- تشغيل خاطىء لأجهزة الحماية

اثار وجود نطاق ترددات من 2 إلى 9 كيلو هرتز على المعدات الصناعية

لتحديد مناعة المعدات الصناعية فى مدى نطاق ترددات من 2 إلى 9 كيلو هرتز، طبقا للمواصفات القياسية العالمية IEC TS 62578:2015، فقد تم اختيار عدد من الاجهزة المختلفة عند جهد متراكب بنسبة 2%، 5%، 10% من الجهد الاساسى وعند 2، 5، 9 كيلو هرتز.

تم اجراء التحقق للمعدات الاتية :

1- مصادر القدرة الصناعية بالتقنيات التالية

– مصدر القدرة الصناعية احادى الطور(220 VAC / 24 VDC) بدون أو بمكثف تحسين معامل القدرة

– مصدر القدرة الصناعية ثلاثى الطور(400 VAC / 24 VDC)

2- مرشحات التداخل الكهرومغناطيسى(electromagnetic interference (EMI

3- المحولات

4- انظمة مديرات القدرة بالتقنيات التالية : مكثفات تيار مستمر كبيرة بدون محاثات، محاثات خطية (line inductors)، محاثات تيار مستمر

وكان نتيجة التحقق ملاحظات عامة تتلخص فيما يلى :

- التشوة فى نطاق الترددات من 2 إلى 9 كيلو هرتز يسبب تيارات اضافية ناتجة عن مكثفات

مرشحات التداخل الكهرومغناطيسى عند 9 كيلو هرتز، وقيمة 10%، يمكن ان يصل التيار الى عشرة اضعاف التيار المقنن لمصدر التغذية. يمكن ان يسبب هذا فصل المصهرات الفرعية أو الداخلية. لم يتم تحديد المفقودات الحرارية الداخلية فى المكثفات على الرغم من انه لا يمكن استبعاد ذلك بشكل عام

- فى حالات الرنين يمكن ان يزيد جهد رابط التيار المستمر (d.c link). ولا يتاثر التحكم فى الجهد بالتشوة فى هذا المدى من الترددات، ولم يلاحظ اية تغير ملموس فى الكفاءة

- تلاحظ تبديلات متعددة لنقاط التقاطع الصفرى (zero - crossing) فى موحد الديودات، يمكن ان يؤدى هذا الى زيادة فى درجة الحرارة بنسبة 5% أو 10%

فيما يلى توضيح نتيجة التحقق على مصادر القدرة الصناعية :

(أ) مرشحات التداخل الكهرومغناطيسى (EMI)

يمكن ان تسبب المكثفات المستخدمة فى مرشحات EMI تيارات سعوية اضافية اذا حدث تشوة نتيجة الترددات فى النطاق من 2 إلى 9 كيلو هرتز، يمكن لقيمة التيارات السعوية ان تتعدى قيمة التيار الاساسى للمعدات المركبة. يمكن ان يؤدى هذا الى فصل قواطع التيار أو المصهرات. يمكن ايضا حدوث الرنين. ولكن لم يلاحظ ذلك بسبب ان مرشحات EMI لها ترددات رنين مختلفة

(ب) المحولات

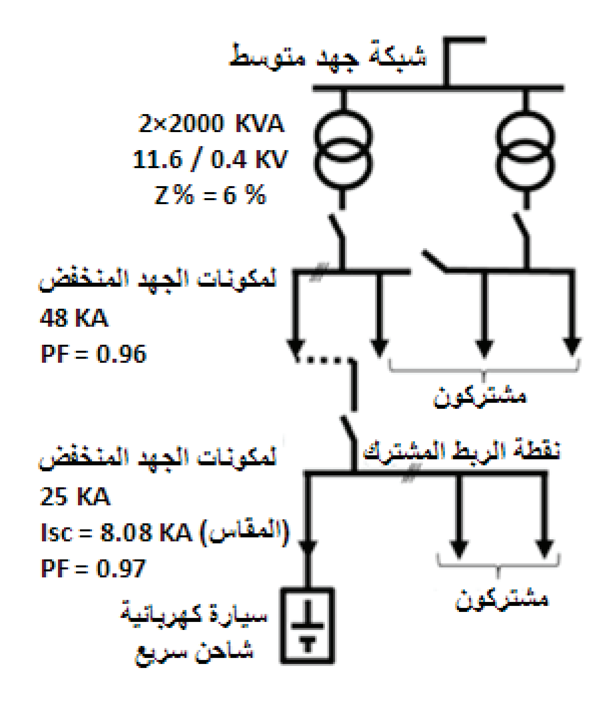
فى هذا الاختبار لم يتاثر المحول سريعا بالاضطرابات فى نطاق الترددات من 2 إلى 9 كيلو هرتز بقيمة حتى 10% ولم يسجل مفقودات حديد اضافية، ايضا لم يسجل ضجيج صوتى. عموما هذه ليست قاعدة عامة لان عمل واداء المحول يعتمدا على التصميم. بعض المحولات سجلت انبعاثات ضجيج مسموع حتى مع القيم المنخفضة بين الترددات 2 و9 كيلو هرتز نتيجة الرنين الميكانيكى.

(ج) انظمة مديرات القدرة (power drive systems)

تم اجراء التحقق على ثلاثة انواع من التقنيات المستخدمة فى مفاتيح اشباة الموصلات: (IGBT)
- مديرات تحتوى على مكثف كبير تيار مستمر
- مديرات تحتوى على مكثف كبير تيار مستمر ومحاثات خطية
- مديرات تحتوى على مكثف كبير تيار مستمر ومحاثات مع رابط التيار المستمر (d.c link)

دراسة حالة

تعرض الدراسة نتائج قياس التوافقيات الصادرة من شحن سيارة كهربائية كاملة باستخدام شحن سريع (fast charger). يوضح شكل (17) رسم مبسط لشبكة الكهرباء الرئيسية، والمحتوية على مستوى الجهد المتوسط ونقطة الربط المشتركة المغذية للشاحن السريع، فى البداية تم التحقق من توازن احمال الشبكة. ثم تم إجراء عدة قياسات لحالات مختلفة من الشحن كالاتى: 8% و7% و5% و10%على التوالي، إلى 100% من حالة الشحن(SOC) (State of Charge) بحد أقصى 42 دقيقة.



شكل (17) رسم مبسط لشبكة الكهرباء الرئيسية [86]

للقياس استخدم جهاز تحليل الطاقة وقياس جودة التغذية الكهربائية، والذى تم ضبطه على:

- خطوة قياس زمنية تساوى 0.25 ثانية
- تسجيل التوافقيات حتى 2500 هرتز
- دقة THD لكل من موجتى الجهد والتيار هي 0.1% و2.5% ± من القراءة على التوالي

تم توصيل شاحن تجاري سريع بمأخذ 63A بحد أقصى، 230 فولت، 50 هرتز في أحد طرفيه وفي الطرف الآخر، باستخدام كابل الشركة المصنعة لأجهزة الشحن، السيارة الكهربائية الكاملة، مع حزمة بطارية 18.7 كيلو وات ساعة. تم تفريغ شحن السيارة خلال دورات قيادة

عشوائية وإجراء القياسات في أيام مختلفة. كانت درجة حرارة المختبر حوالي 25 درجة مئوية في جميع القياسات. تم فصل جميع الأحمال داخل السيارة (تكييف الهواء، الراديو، ...)

تم تسجيل المتغيرات الكهربائية لحالات القياس الاتية :

(1) حالة عدم توصيل حمل

(2) مع توصيل الشاحن السريع فقط

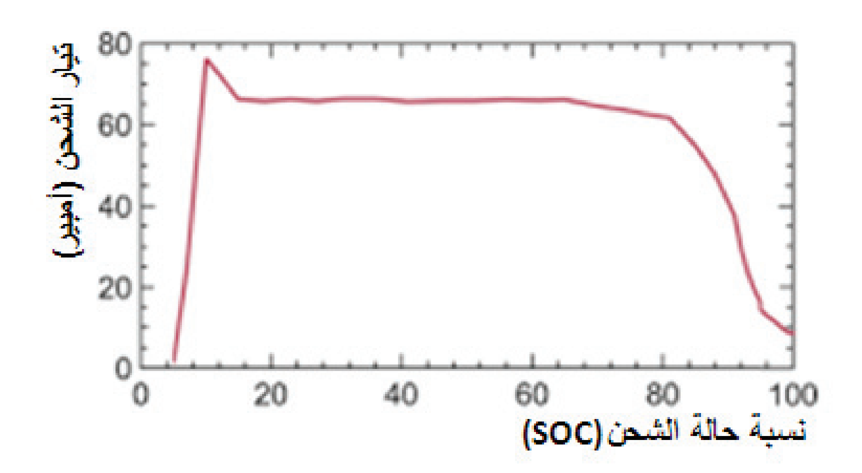
(3) مع توصيل الحمل

وسجلت المتغيرات الاتية : تذبذب التردد وتقلب الجهد وTHDv بدون حمل وTHDv فقط مع توصيل الشاحن السريع

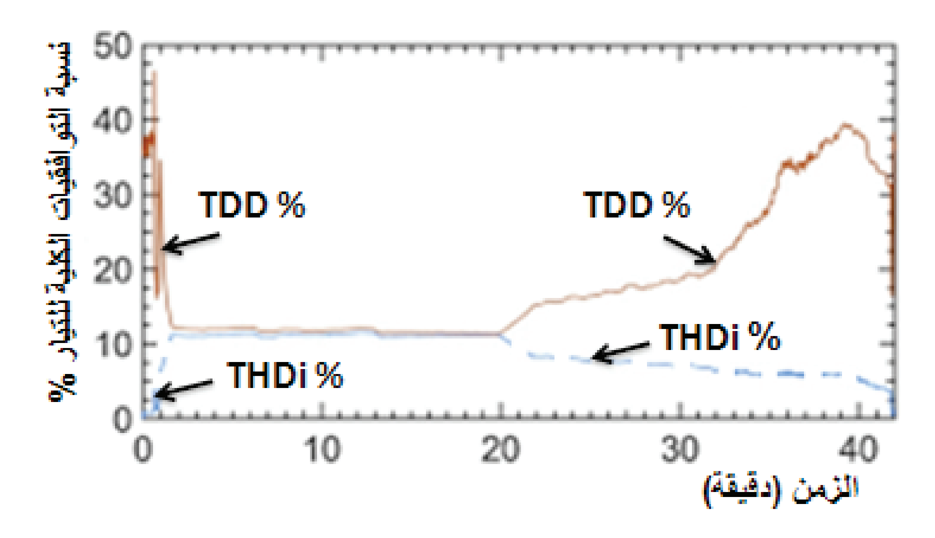
يوضح شكل (18) التيار خلال دورة الشحن

ويوضح شكل (19) التغيير فى التوافقيات الكلية للتيار(TDD% & THDi%) خلال دورة الشحن الكاملة (الطور L1)

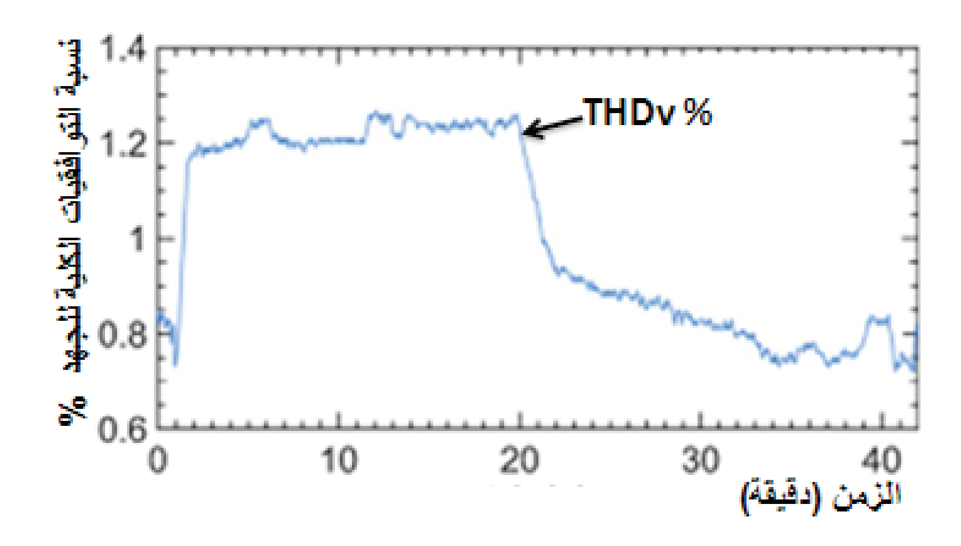
بينما يوضح شكل (20) التوافقيات الكلية للجهد (THDv %) خلال دورة الشحن الكاملة (الطور L1)



شكل (18) التيار خلال دورة الشحن



شكل (19) التوافقيات الكلية للتيار (TDD % &THDi%)
خلال دورة الشحن الكاملة (الطور L1)



شكل (20) التوافقيات الكلية للجهد (THDv%)
خلال دورة الشحن الكاملة (الطور L1)

نتائج القياسات

- تم التحقق من اتزان الاحمال عند نقطة الربط المشتركة، قبل توصيل الشاحن
- ارتفاع نسبة توافقيات التيار: الثالثة والخامسة والسابعة والتاسعة والحادية عشرة والثالثة عشرة
- تتجه%THDi إلى الزيادة في نهاية دورة الشحن، وهو ما يمكن تفسيره بانخفاض التيار في نهاية الدورة
- تتراوح % THDi، عند أقصى حمل، بين %11 و%12
- تحليل %TDDi بدلالة التيار الأقصى (بدلاً من الأساسي فى حالة %THDi هو الأكثر واقعية
- يبدأ الجهد والتيار في الانخفاض عند حوالي %75 من حالة الشحن (SOC)
- طبقا للمواصفات IEC 61000-3-12 / 2-4 & IEEE 519 فإن الحدود المسموحة لـ %TDDi و%THDi هي %15 و%16 على التوالي

المواصفات القياسية العالمية الأمريكية والدولية والأوربية

(Standard IEEE 519، IEC 61000 and EN 50160)

- المواصفتان IEEE 519-2014 & IEC 61000-3-12/2-4 تعرضا التأثيرات التي يمكن أن يحدثها تشوه التوافقيات على مكونات شبكات التوزيع، وخاصة المحولات والكابلات والمكثفات واجهزة القياس والوقاية والمفاتيح. يقترح كلاهما حدودًا لتشوهات الجهد والتيار وحدودًا للترددات الفردية. تقدم IEEE 519 حدود الجهد، وتميز بوضوح بين مفهومي

- (Total current harmonic distortion) (THDI)

- (Total demand distortion) (TDD)

- المواصفة EN 50160

(Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems)

تقدم متغيرات مستوى الجهد الرئيسي وحدود الانحراف المسموح بها عند نقطة الربط المشترك (PCC) لشبكة المشترك في الشبكة العامة لتوزيع الكهرباء للجهدين المنخفض والمتوسط. ومع ذلك، فإن تيار الحمل غير ذي صلة بالمواصفة EN 50160.

– فيما يتعلق بالحدود لتوافقيات التيار الفعلية، فإن المواصفات الأوروبية هي نفسها الموجودة في العالمية IEC. يوضح المرفق فى نهاية هذا الباب جداول الحدود القياسية لتوافقيات الجهد والتيار طبقا للمواصفات القياسية العالمية الأمريكية والدولية والأوربية

الملحق التالى يوضح هذه المواصفات القياسية

ملحق

المواصفات القياسية العالمية الأمريكية والدولية والأوربية

(Standard IEEE 519، IEC 61000 and EN 50160)

توضح الجداول التالية حدود توافقيات الجهد (THD) لمستويات الجهود المختلفة وحدود توافقيات التيار (TDD) والتوافقيات الفردية وفقًا لكل مستوى جهد. مع الاخذ فى الاعتبار نسبة Isc / IL، الحجم النسبي للحمل مقارنة بنظام شبكة توزيع الكهرباء (مستوى قصر الدائرة).

أولا :المواصفة القياسية العالمية IEC 61000–3–12 / 2011

- Electromagnetic compatibility (EMC)

Part 3-12: Limits - Limits for harmonic currents produced by equipment connected to public low-voltage systems with input current >16 A and ≤75 A per phase

"التوافق الكهرومغناطيسي"
الجزء : 12–3 حدود – حدود تيارات التوافقيات التي تنتجها المعدات المتصلة بأنظمة الجهد المنخفض العامة لتيار مدخل أمبير 16< وأمبير 75 ≥ لكل طور

عرضت المواصفة(IEC 61000-3-12) التعريفات الاتية :

1- مبدلات التغذية الفعالة (AIC) (in feed converter)

مبدلات الإلكترونية ذاتية التبديل لجميع التقنيات، الطوبولوجيا، الجهود والأحجام التي تتصل بين شبكة التغذية الكهربائية للتيار المتردد (خطوط). وجانب التيار المستمر (مصدر التيار أو مصدر الجهد) والذي يمكن أن يحول الطاقة الكهربائية في كلا الاتجاهين (توليدي generative أو تجديدي regenerative) ويمكن أن يتحكم في القدرة غير الفعالة أو معامل القدرة

2- التوافقية الكلية للتيار (THC) (Total harmonic current)

قيمة جذر متوسط مربعات مركبات توافقيات التيار من درجة التوافقية 2 الى درجة التوافقية 40

$$THC = \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^2}$$

3- توافقية تيار الوزن الجزئى (Partial weighted harmonic current) (PWHC)

قيمة جذر متوسط مربعات لمجموعة مختارة من مركبات تيارات التوافقيات للدرجات الاعلى (فى هذه المواصفة للدرجات من 14 حتى 40) وذلك طبقا للمعادلة التالية

$$PWHC = \sqrt{\sum_{h=14}^{40} h . I_h^2}$$

يستخدم هذا المؤشر للتأكد من التأثيرعلى النتائج من تيارات التوافقيات للدرجات العالية، والتى خفضت بكم كافى، وليس من الضرورى تحديد الحدود المنفصلة

4- نسبة دائرة القصر(R_{sce}) (Short-circuit ratio)

هى قيمة خاصية لمعدة ما، تعرف كما فى جدول (4) طبقا لنوع المعدة

جدول (4) نسبة دائرة القصر

المعدة	المعادلة	
- معدة أحادية الطور - جزء احادى من معدة هجين	$R_{sce} = S_{sc} / (3 \times S_{equ})$ $R_{sce} = U / (\sqrt{3} \times Z \times I_{equ})$	$S_{equ} = U_p \times I_{equ}$
معدة بين الطور (inter phase equipment)	$R_{sce} = S_{sc} / (2 \times S_{equ})$ $R_{sce} = U / (2 \times Z \times I_{equ})$	$S_{equ} = U_i \times I_{equ}$
- جميع المعدات ثلاثيه الطور - جزء ثلاثي الطور من معدة هجين	$R_{sce} = S_{sc} / S_{equ}$ $R_{sce} = U / (\sqrt{3} \times Z \times I_{equ})$	$S_{equ} = \sqrt{3} \times U_i \times I_{equ}$
معدات ثلاثية الطور غير متزنة	$R_{sce} = U / (\sqrt{3} \times Z \times I_{equ\ max})$	$S_{equ} = \sqrt{3} \times U_i \times I_{equmax}$
$U = U_{nominal}$ or $= U_i = 120$ or 220 V or $= \sqrt{3} \times U_p = \sqrt{3} \times 400$ V $S_{sc} = U^2_{nominal} / Z$		

حيث :

S_{sc} = قدرة دائرة القصر (short-circuit power) عند نقطة الربط المشتركة

Z = معاوقة النظام عند تردد القدرة

S_{equ}= مقنن القدرة الظاهرية للمعدة (Rated apparent power of the equipment)

I_{equ}= مقنن تيار المعدة

= تيار المدخل للمعدة، والتى يحددها الصانع والمسجل على لوحة البيان أو فى وثائق المعدة

I_{equmax}= أقصى جذر متوسط مربعات التيارات المار فى اى طور من الثلاثة أطوار

- معدة هجين (hybrid equipment)

هى تركيبة من حمل ثلاثى الطور متزن مع حمل أو اكثر متصل بين احد الأطوار والتعادل أو بين طورين

حدود الأنبعاثات

الحدود التالية طبقا للاتى :

- جهد النظام 230 / 400 V ، 50 Hz
- حدود تيارات التوافقيات لتيار الطور وليس تيار التعادل
- المعدات التى تتوافق مع حدود انبعاث تيارات التوافقيات المقابلة لـ R_{sce} =33 تكون مناسبة للتوصيل عند اية نقطة فى مصدر التغذية
- نسب دائرة القصر الأقل من 33 لا تؤخذ فى الاعتبار

يوضح جدول (5) نسب أنبعاث التيار لغير المعدات ثلاثية الاطوار المتزنة

يبين جدول (6) نسب أنبعاث التيار للمعدات ثلاثية الاطوار المتزنة

ويوضح جدول (7) نسب أنبعاث التيار للمعدات ثلاثية الاطوار المتزنة طبقا للحالات المحددة فى (أ) & (ب) & (ج)

ويوضح جدول (8) نسب أنبعاث التيار للمعدات ثلاثية الاطوار المتزنة طبقا للحالات المحددة فى (د) & (هـ) & (و)

جدول (5) نسب أنبعاث التيار لغير المعدات ثلاثية الاطوار المتزنة

أقل نسبة لدائرة القصر Minimum Rsce	النسبة المقبولة لتيار التوافقية المنفصلة Admissible individual harmonic current Ih/Iref %						النسبة المقبولة لمتغيرات التوافقيات Admissible harmonic parameters %	
	I_3	I_5	I_7	I_9	I_{11}	I_{13}	THC/Iref	PWHC / Iref
33	21.6	10.7	7.2	3.8	3.1	2	23	23
66	24	13	8	5	4	3	26	26
120	27	15	10	6	5	4	30	30
250	35	20	13	9	8	6	40	40
≥350	41	24	15	12	10	8	47	47

- قيم التوافقيات الزوجية حتى الدرجة 12 يجب ألا تتجاوز % 16/h

- قيم التوافقيات الزوجية الأعلى من الدرجة 12 تحسب بنفس الطريقة مثل التوافقيات الفردية مع الاخذ فى الاعتبار كل من PWHC & THC

- يسمح بالاستكمال الخطي بين قيم Rsce المتتالية

Iref = التيار المرجعى

Ih = مركبات تيار التوافقيات

جدول (6) نسب أنبعاث التيار للمعدات ثلاثية الاطوار المتزنة

أقل نسبة لدائرة القصر Minimum Rsce	النسبة المقبولة لتيار التوافقية المنفصلة Admissible individual harmonic current Ih/Iref %				النسبة المقبولة لمتغيرات التوافقيات Admissible harmonic parameters %	
	I5	I7	I_{11}	I_{13}	THC/Iref	PWHC / Iref
33	10.7	7.2	3.1	2	13	22
66	14	9	5	3	16	25
120	19	12	7	4	22	28
250	31	20	12	7	37	38
≥350	40	25	15	10	48	46

– قيم التوافقيات الزوجية حتى الدرجة 12 يجب ألا تتجاوز % 16/h

– قيم التوافقيات الزوجية الأعلى من الدرجة 12 تحسب بنفس الطريقة مثل التوافقيات الفردية مع الاخذ فى الاعتبار كل من THC & PWHC

– يسمح بالاستكمال الخطي بين قيم Rsce المتتالية

Iref = التيار المرجعى

Ih = مركبات تيار التوافقيات

جدول (7) نسب أنبعاث التيار للمعدات ثلاثية الاطوار المتزنة طبقا للحالات المحددة فى (أ) & (ب) & (ج)

النسبة المقبولة لمتغيرات التوافقيات Admissible harmonic parameters %		**النسبة المقبولة لتيار التوافقية المنفصلة** Admissible individual harmonic current Ih/ Iref %				**أقل نسبة لدائرة القصر** Minimum Rsce
PWHC/ Iref	THC / Iref	I_{13}	I_{11}	I7	I5	
22	13	2	3.1	7.2	10.7	33
46	48	10	15	25	40	≥120

– قيم التوافقيات الزوجية حتى الدرجة 12 يجب ألا تتجاوز 16/h %

– قيم التوافقيات الزوجية الأعلى من الدرجة 12 تحسب بنفس الطريقة مثل التوافقيات الفردية مع الاخذ فى الاعتبار كل من THC & PWHC

– يسمح بالاستكمال الخطي بين قيم Rsce المتتالية

Iref = التيار المرجعى

Ih = مركبات تيار التوافقيات

جدول (8) نسب أنبعاث التيار للمعدات ثلاثية الاطوار المتزنة طبقا للحالات المحددة فى (د) & (هـ) & (و)

أقل نسبة لدائرة القصر Minimum R_{sce}	النسبة المقبولة لتيار التوافقية المنفصلة Admissible individual harmonic current Ih/Iref %												النسبة المقبولة لمتغيرات التوافقيات Admissible harmonic parameters %	
	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}	I_{17}	I_{19}	I_{23}	I_{25}	I_{29}	I_{31}	I_{35}	I_{37}	THC / Iref	PWHC/ Iref
33	10.7	7.2	3.1	2	2	1.5	1.5	1.5	1	1	1	1	13	22
≥250	25	17.3	12.1	10.7	8.4	7.8	6.8	6.5	5.4	5.2	4.9	4.7	35	70

– بالنسبة لـ Rsce =33، قيم التوافقيات الزوجية حتى الدرجة 12 يجب ألا تتجاوز% 16/h

و يجب ألا تتجاوز القيم النسبية لجميع التوافقيات من I14 إلى I40 غير المذكورة أعلاه عن ٪1 من Iref

– بالنسبة إلى Rsce≥ 250، يجب ألا تتجاوز القيم النسبية للتوافقيات حتى الدرجة 12 عن % 16/h
ويجب ألا تتجاوز القيم النسبية لجميع التوافقيات من I14 إلى I40 غير المذكورة أعلاه عن ٪3 من Iref

– يسمح بالاستكمال الخطي بين قيم Rsce المتتالية

Iref = التيار المرجعى

Ih = مركبات تيار التوافقيات

يراعى الاتى عند استخدام هذه الجداول

- يمكن استخدام جدول (7) مع معدات ثلاثية الطور متزنة إذا تم استيفاء أي من هذه الشروط :

أ) تكون كل من مركبات تيارات التوافقيات الخامسة والسابعة أقل من 5% من التيار المرجعي خلال فترة مراقبة الاختبار بالكامل. (ملاحظة : يتم تحقيق هذا الشرط عادة بواسطة معدات 12نبضة (pulse)

ب) المعدات المصممة بحيث أن زاوية طور تيار التوافقية الخامسة ليس لها قيمة تفضيلية بمرور الوقت ويمكن أنٍ تأخذ أي قيمة خلال الفترة الزمنية الكاملة [0 °، 360 °]. (ملاحظة : يتم استيفاء هذا الشرط عادةً بواسطة عاكسات ذات قنطرة ثايرستور (thyristor bridges) بتحكم كامل

ج) تتراوح زاوية طور تيار التوافقية الخامسة المتعلقة بالجهد الأساسي بين الطور والتعادل إلى المحايد في نطاق 90 درجة إلى 150 درجة خلال فترة مراقبة الاختبار بأكملها. (ملاحظة: يتم تحقيق هذا الشرط عادةً عن طريق المعدات ذات قنطرة ثايرستور غير المتحكم والفلتر السعوي (capacitive filter)، بالاضافة الى 3% أو 4% مفاعل تيار مستمر.

- يمكن استخدام الجدول (8) مع معدات ثلاثية الطور متزنة إذا تم استيفاء أي من هذه الشروط:

د) تكون كل من تيارات التوافقية الخامسة والسابعة أقل من 3% من التيار المرجعي خلال فترة مراقبة الاختبار بأكملها

هـ) المعدات المصممة بحيث أن زاوية طور تيار التوافقية الخامسة ليس لها قيمة تفضيلية بمرور الوقت ويمكن أن تأخذ أي قيمة في الفترة الزمنية الكاملة [0°، 360°]

و) تتراوح زاوية طور تيار التوافقية الخامسة المتعلقة بالجهد الأساسي بين الطور إلى التعادل في نطاق 150 درجة إلى 210 درجة خلال فترة مراقبة الاختبار بأكملها. ملاحظة: يتم تحقيق هذا الشرط عادة بواسطة عاكس 6 نبضات مع مكثف ربط صغير تيار مستمر، يعمل كحمل

- يمكن تطبيق الجداول (6) أو(7) أو(8) على المعدات الهجينة في إحدى الحالات التالية:

أ) المعدات الهجينة ذات تيار التوافقية الثالثة بحد أقصى أقل من 5% من التيار المرجعي، أو

ب) هناك نظام في بناء المعدات الهجينة لفصل الأحمال ثلاثية الطور المتزنة والطور الواحدة أو بين طورين لقياس تيارات المصدر، وعندما يتم قياس التيار، فإن جزء المعدات التي يتم قياسها يسحب نفس التيار تحت ظروف التشغيل العادية. في هذه الحالة، يجب تطبيق الحدود ذات الصلة بشكل منفصل على الجزء أحادي الطور أو الجزء بين الطورين وبين الجزء ثلاثي الاطوار المتزن. تنطبق الجداول (6) أو (7) أو (8) على تيار الجزء ثلاثي الأطوار المتزن، حتى إذا كان التيار المقنن للجزء ثلاثي الأطوار المتزن أقل من أو يساوي 16 أمبير لكل طور. ينطبق الجدول (5) على تيار الجزء أحادي الطور أو بين الطورين، ولكن إذا كان التيار المقنن للجزء أحادي الطور أو بين الطورين أقل من أو يساوي 16 أمبير، يجوز للشركة المصنعة تطبيق الحدود ذات الصلة من المواصفة القياسية IEC 61000-3- 2 بالجزء أحادي الطور أو بين الطورين بدلاً من الحدود في جدول (5)

- لأغراض التحقق، عند تطبيق الحالة (ب) أعلاه، يجب على الشركة المصنعة أن تذكر في وثائق المنتج التيار المقنن وأن تقدم في تقرير الاختبار القيم المقاسة والمحددة لتيار المدخل، لكل حمل منفصل.

يتم تحديد قيمة Rsce لهذا النوع من المعدات الهجينة على النحو التالي:
– يحدد الحد الأدنى لقيمة Rsce أولاً لكل من الحملين، باستخدام التيار المرجعي للجزء الماخوذ لحساب تيار التوافقيات المنبعثة

المراد مقارنتها بالقيم الحدية الواردة في الجداول من (5) إلى (8)؛ في حالة تطبيق المواصفة القياسية IEC 61000-3-2 على الجزء أحادي الطور أو الجزء بين الطورين بدلاً من حدود الجدول (5)، فإن الحد الأدنى لقيمة Rsce لهذا الجزء يساوي 33

– ثم، بالنسبة لكل جزء، يتم حساب الحد الأدنى لقيمة Ssc من الحد الأدنى لقيمة Rsce والتيار المقنن

– أخيراً، يتم تحديد قيمة Rsce للمعدات الهجينة من أعلى القيم الصغرى لكل من Ssc والقدرة الظاهرية المقننة للمعدات الهجينة بأكملها.

ثانيا – المواصفات القياسية IEEE 519-2014

(IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems)

منهجية قياس التوافقيات

صنفت القياسات (بأستخدام أجهزة تحليل الطاقة) طبقا لفترات القياس كالآتى :

1- فترة صغيرة للغاية

يتم تسجيل القراءات عند نقطة القياس لمدة يوم واحد مع فترة زمنيه بينية 3 ثوانى

ويتم حساب نسبة 99% (99 percentile) من القراءات ومقارنتها بالحدود القياسية (بمعنى ان تكون 99% من القراءات أقل من هذه القيمة)

2- فترة صغيرة

يتم تسجيل القراءات لمدة أسبوع عند نقطة القياس مع فترة بينية بين القراءات 10 دقائق

ويتم حساب نسبة 95% (95 percentile) من القراءات ومقارنتها بالحدود القياسية (بمعنى ان تكون 95% من القراءات أقل من هذه القيمة)

- **حدود قياسات توافقيات الجهد**

عند نقطة قياس المشترك مع مرفق الكهرباء يجب أن تكون حدود قراءات توافقيات الجهد بين الطور والأرضى الآتي :

- نسبة 99% من القراءات لفترة قياس قصيرة للغاية (تسجيل لمدة يوم بفترات بينية 3 ثوانى) تكون أقل من 1.5 مرة من القيم المذكورة بالجدول رقم (9)

- نسبة 95% من القراءات لفترة قياس قصيرة (تسجيل لمدة أسبوع بفترات بينية 10 دقائق) تكون أقل من القيم المذكور بالجدول رقم (9)

جدول (9) حدود تشوة الجهد (طبقا للمواصفات IEEE 519-2014)

جهد القضبان عند نقطة الربط المشترك Bus voltage V at PCC	التوافقيات المنفصلة Individual harmonic (%)	التشوة الكلى بالتوافقيات Total Harmonic Distortion (THD) (%)
V ≤ 1.0 KV	5.0	8.0
1 < V ≤ 69 KV	3.0	5.0
69 KV < V ≤ 161 KV	1.5	2.5
161 KV < V	1.0	1.5*

* High-voltage systems can have up to 2.0 % THD where the cause is an HVDC terminal whose effects will have attenuated at points in the network where future users may be connected

- **حدود قياسات توافقيات التيار لأنظمة القدرة من 120 فولت حتى 69 ك.ف**

عند نقطة قياس المشترك مع مرفق الكهرباء للجهد بين 120 فولت حتى 69 ك.ف يجب أن تكون حدود توافقيات التيار المقاسة كالآتي:

- نسبة 99% من القراءات لفترة قياس قصيرة للغاية (لمدة يوم بفترات بينية 3 ثوانى) تكون أقل من مرتين من القيم المذكورة بالجدول رقم (10)

- نسبة 99% من القراءات لفترة قياس قصيرة (تسجيل لمدة أسبوع بفترات بينية 10 دقائق) تكون أقل من 1.5 مرة من القيم المذكورة بالجدول رقم (10)

- نسبة 95% من القراءات لفترة قياس قصيرة (تسجيل لمدة أسبوع بفترات بينية 10 دقائق) أقل من القيم المذكور بالجدول رقم (10)

جدول (10) حدود تشوة التيار لجهود الانظمة 120V: 69KV
(طبقا للمواصفات IEEE 519-2014)

أقصى تشوة لتوافقيات التيار كنسبة من IL Maximum harmonic current distortion In percent of IL						
درجة التوافقية المنفصلة (التوافقية الفردية) Individual harmonic order (old harmonics) a,b						
Isc / IL	3 ≤ h < 11	11 ≤ h < 17	17 ≤ h < 23	23 ≤ h < 35	35 ≤ h < 50	TDD
< 20 c	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20 < 50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50 < 100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100 < 1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
> 1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

(أ) التوافقيات الزوجية محددة بـ 25% من حدود التوافقيات الفردية أعلاه
(ب) تشوهات التيار الناتجة من إزاحة التيار المستمر ، على سبيل المثال المبدلات (Converters) نصف الموجة، يكون غير مسموح بها.
(ج) جميع معدات توليد الطاقة محددة بقيم تشوه التيار هذه بغض النظر عن Isc / IL الفعلي
حيث :
Isc = أقصى تيار دائرة القصير عند PCC
IL = الحد الأقصى لحمل تيار الطلب (مكون التردد الأساسي) عند PCC في ظل ظروف تشغيل الحمل العادي

ثالثا : المواصفتان

IEC 61000-3-2 & IEC 61000 2-4

IEC 61000 2-4- Part 2-4

Environment - Compatibility levels in industrial plants for low-frequency conducted disturbances

IEC 61000-3-2 - Part 3-2

Low-voltage equipment with rated current under or equal to 16 A

يوضح جدول (11) حدود تشوة الجهد (طبقا للمواصفات IEC 61000 2-4)

ويوضح جدول (12) حدود تشوة الجهد (طبقا للمواصفات IEC 61000 3-2)

(Class A Balanced three-phase equipment)

جدول (11) حدود تشوة الجهد (طبقا للمواصفات IEC 61000 2-4)

درجة التوافقية n (ليست مضاعفات التوافقية الثالثة) Harmonic order n (non multiples of 3)	Class 1 un (%) الفئة 1	Class 2 un (%) الفئة 2	Class 3 un (%) الفئة 3
5 : 7 11 : 13 : 17 THDv	3 : 3 3 : 3 : 2 5 %	6 : 5 3.5 : 3 : 2 8 %	8 : 7 5 : 4.5 : 4 10 %
الفئة 1: مستوى توافق أقل من المستوى العام (أجهزة المختبر ، وبعض معدات الحماية، وما إلى ذلك). الفئة 2: مستوى توافق للمستوى العام (أي جهاز مصمم للتغذية من الشبكات العامة) الفئة 3: مستوى توافق أعلى من المستوى العام (المعدات في وجود ماكينات اللحام، الأحمال سريعة التغير، المبدلات (Converters) الكبيرة، إلخ.			

جدول (12) حدود تشوة الجهد (طبقا للمواصفات 2-3 IEC 61000)

(Class A Balanced three-phase equipment)

درجة التوافقية Harmonic order n	أقصى تيار توافقية مسموح Maximum permissible harmonic current (Amp)
Odd harmonics التوافقيات الفردية	
3	2.3
5	1.14
7	0.77
9	0.40
11	0.33
13	0.21
$15 \le n \le 39$	0.15 * 15 /n
Even harmonics التوافقيات الزوجية	
2	1.08
4	0.43
6	0.30
$8 \le n \le 40$	0.23 * 8 / n



الباب العاشر

متطلبات الأمان والسلامة



الباب العاشر

متطلبات الأمان والسلامة

متطلبات الأمان والسلامة اللازم توافرها فى محطات شحن السيارات الكهربائية

متطلبات الأمن الصناعي

1 - يراعى أن تكون الأرض المنشأ عليها محطة الشحن لاتجمع المياه أسفلها أو حولها.

2 - عدم تركيب المحطة الشمسية في الأماكن الخطرة والمعرضة للإنفجار.

3 - إذا كانت محطة الشحن في مكان مغلق، يتم استخدام وسائل تبريد وتهوية وفقا للقواعد الفنية المعتمدة. وفي حالة تعطل هذه الوسائل يجب وقف تشغيل محطة الشحن.

4 - إذا كانت المحطة داخل محطة التزود بالوقود وكانت في حدود منطقة الخطورة عندئذ يجب أن يفصل بين محطة الشحن وحد منطقة الخطورة بمحطة التزود بالوقود بواسطة حاجز بارتفاع محطة الشحن بحد أدنى.

5 - استخدام المصدات والأدوات المناسبة لمنع التصادم بين محطة الشحن والسيارة الكهربائية.

6 - وضع علامات توضح الأقطاب الكهربائية بشكل واضح بمحطة الشحن.

7 - وضع علامات ارشادية في أماكن واضحة، تشير إلى وجود محطة الشحن

8 - تزود محطة الشحن بإضاءة مناسبة ومظلات من أجل الحماية والسلامة.

9 - يجب ان تتواجد معدات الحماية الشخصية لكل العاملين

10 - يلتزم الفنيون بارتداء معدات الحماية الشخصية الفردية

11 - اتباع اجراءات ومعايير السلامة من الحريق اثناء الشحن

12 - يجب وضع ملصق دائم ملاصق لعلبة المقابس مسجل عليه :

"معدات تغذية السيارات الكهربائية بالكهرباء " أو " نظام شحن السيارات الكهربائية"

مع توضيح بيانات الجهد والتيار المناسبين للاستخدام

13 - يجب ان تزود معدات التغذية بالطاقة للسيارات الكهربائية بانظمة حماية للمستخدمين ضد الصعق الكهربى

14 - يتم تنفيذ الاعمال المتعلقة بالكهرباء بمعرفة متخصص كهربائى مؤهل فقط

متطلبات تشغيلية

1 - يتم الربط على شبكة توزيع الكهرباء من خلال توصيلات تضمن استمرارية عمل المحطة الشمسـية، طبقا للكود المصري لأسـس تصميم وشروط تنفيذ التوصـيلات الكهربائية في المباني.

2 - يتوافر نظام غلق ذاتي للكهرباء عند حدوث أي مشـكلة طارئة أو عند فصـل السيارة عن محطة الشحن سواء عند انتهاء الشحن أو لأي سبب آخر

3 - يتوافر أجهزة وقاية ضد التغير في الجهد وفي حالة تسريب أرضي.

4 - اضافة وسيلة لتسجيل معلومات دقيقة وواضحة وكافية عن كمية الكهرباء المستهلكة.

5 - توفير مسافة مناسبة بين محطة الشحن ومكان السيارة الكهربائية بحيث لايحدث أي ضغط أو شد على كابلات وصلات الشحن.

6 - عدم السـماح بإضـافة توصيلات لتطويل الوصلة للشـحن (الكابل المصمم خصيصا لمحطة الشحن)

7 - يركب عداد طاقة كهربائية لمحطة الشحن.

8 - يوضـع ملصق على المحطة يوضـح نوعها، قيمة ونوع التيار، مسـتوى الجهد، طريقة الشحن.

9 - في الأماكن التي يتم فيها شحن العديد من السيارات الكهربائية في وقت واحد، قد يتسبب الشـحن في ذروة الحمل. لتجنب فترات الذروة، يجب شـحن المركبـات الكهربائية بأقل قـدرة ممكنة خلال الأوقات التي تكون فيهـا المركبات متوقفة على مدى فترة طويلة (على سبيل المثال أثناء الليل أو في أثناء العمل)

10 - تكون محطات الشحن متاحة من يوم – – – – إلى يوم – – – من الساعة – – – – صباحًا وحتـى السـاعة – – –. ومع ذلك، تتوفر محطات الشـحن المتواجـدة في محطات الوقود والأماكن العامة على مدار الساعة طوال أيام الأسبوع

11 - يجـب ان يكون مقنن جهد وصـلات امداد الطاقة للسـيارات الكهربائية بحد اقصـى 250 فولت، وان تكون الوصلات ملائمة لما يلى :

- الاتصال بمخرج قابس مقنن للامداد بالطاقة بما لا يزيد عن 50 امبير
- ان تكـون المقابس موجودة فـى اماكن محددة، وذلك لتجنب تلف مكونات الوصـلات المرنة

12 - يجب ان تكـون معدات إمداد السـيارة الكهربائية بالطاقة ذات قدرة كافيـة لتغذية أحمال الشحن اللازمة، ومتوافقة مع أقصى قدرة مسموح بها من نظام ادارة الأحمال التلقائى (فى حالة وجودة)

13 - يجب أن يستوفى رابط الشحن (كابل التوصيل) المتطلبات الآتية :

- أن يكون غير تبادلى مع أسلاك التوصيل لأى أنظمة كهربائية أخرى
- أن يكون الرابط المؤرض غير قابل للتبديل مع الرابط غير المؤرض

14 - يجب شحن سيارة واحدة من مقبس واحد في كل مرة ويجب أن تظل سيارة واحدة فقط متصلة بمحطة الشحن حتى في حالة توافر أنواع متعددة من المقابس.

15 - يجب أن تكون محطة الشحن مجهزة بمفتاح طوارئ يسهل الوصول إليه، وله المقدرة على فصل جميع موصلات محطة الشحن.

16 - يجب ألا تعيق أنشاءات محطة الشحن ممر المشاة أو الطريق السريع أو مسيرة مخاطر غير ضرورية.

17 - يجب تقليل المسافة بين محطة الشحن والسيارة المراد شحنها، إلى أدنى حد ممكن داخل حدود الإنشاءات.

18 - يجب الحفاظ على مساحة كافية حول محطة الشحن للسماح بتبريد وتهوية المعدات المركبة، خاصة لمحطات الشحن السريع.

19 - من حق شركة التوزيع اختبار نموذج لمحطة الشحن العامة قبل اطلاق التيار.

20 - يجب أن يقوم المشغل بإجراء اختبار اضافي أولي لجميع محطات الشحن قبل التشغيل.

21 - يجب اجراء وتسجيل الإختبار دوريا، على الأقل سنويا.

محطة شحن خاصة

عند تركيب محطة شحن مخصصة في وحدة سكنية «ملحق بها مكان يسمح لشحن السيارة». قبل تركيب محطة الشحن يراعى الآتى :

- التحقق من حالة الأسلاك بالوحدة – من حيث سلامتها وسعاتها- بما في ذلك نظام التأريض.
- توصل تغذية محطة الشحن من دائرة كهرباء فرعية نهائية محمية بدائرة وقاية.
- أن تذود أي محطة شحن أكبر من 20 أمبير بإدارة تحميل لمنع تشغيلها من التحميل الزائد على أسلاك الوحدة.
- أن يتم الشحن في الجراج أو فى مساحة ملحقة بالوحدة
- اختبار محطة الشحن من أجل سلامتها سنويًا.
- أن يُطلب من الموظفين إبلاغ صاحب العمل بأي صدمات كهربائية من أي مكان في الوحدة والتوقف فورًا عن استخدام الشاحن حتى يتم التحقيق في السبب ومعالجته

توعية

– يمكن التحقق من اكتمال شحن البطارية من خلال لوحة عرض البيانات الموجودة بمحطة الشحن، أو بالرجوع إلى مؤشر شحن البطارية على لوحة عرض البيانات في السيارة. وبالتالى يمكن الاعتماد على أي منهما لمتابعة عملية الشحن حتى اكتمالها.

– يمكن شحن البطارية حتى لو لم تستهلك الطاقة منها بشكل كامل، لأنه يوجد نظام فعال خاص بإدارة البطارية في السيارة الكهربائية، لضمان أطول عمر افتراضي لها.


محطة
شحن


مخرج محطة
شحن
السيارات
الكهربائية


EV
محطة شحن
السيارات
الكهربائية


تحذير
البطارية فى
وضع الشحن


تحذير
محطة شحن بطاريات



المراجع
REFERENCES



References

[1] https://www.carsdirect.com/green-cars/a-brief-history-of-hybrid-cars

[2] https://www.semanticscholar.org/paper/A-study-of-an-Electrical-Vehicle-Battery-Charger’s-Gherman-Petreus/08d1db798674649bd3fa820cfa9c1c02f1172809

[3] file:///C:/Users/pc/Downloads/thesisAMP_TDX.pdf

[4] https://www.mdpi.com/1996-1073/11/5/1082/htm

[5] https://www.belfuse.com/resources/Brochures/PowerSolutions/br-BPS-e-mobility-brochure.pdf

[6] https://circuitdigest.com/article/different-types-of-motors-used-in-electric-vehicles-ev

[7] https://mawdoo3.com/

[8] https://www.electronics212.com/2019/06/types-of-electric-motors.html

[9] https://www.marefa.org/

[10] https://www.boldbusiness.com/transportation/ac-motor-vs-dc-motor-one-better-evs/

[11] https://nptel.ac.in/courses/108103009/

[12] https://www.mdpi.com/1996-1073/12/1/118/htm

[13] https://www.utc.edu/college-engineering-computer-science/research/cete/electric.php

[14] https://avidtp.com/what-is-the-best-cooling-system-for-electric-vehicle-battery-packs/

[15] https://www.energy.gov/eere/vehicles/vehicle-technologies-office-electric-drive-systems

[16] https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-plug-in-hybrid-electric-cars-work

[17] http://auto.ahram.org.eg/News/57129.aspx

[18] https://www.alibaba.com/product-detail/Hot-Sell-in-China-HPQ5-48_60308329113.html

[19] http://thecartech.com/subjects/project/Hybrid_Car_Technology_1.htm

[20] http://www.niletc.tv/News/176/11#.XIyv-skzZdg

[21] https://www.oneautomarket.com/blog/

[22] http://alwasat.ly/news/cars/107594

[23] https://www.slideshare.net/hcwwschool/ss-15811339

[24] https://www.assayyarat.com/forums/t305894.html

[25] https://www.masrawy.com/autos/autos_news/details/2017/12/24/1226822/

[26] https://www.assayyarat.com/forums/t215951.html

[27] https://uae.yallamotor.com/ar/car-news/

[28] https://www.akhbaralaan.net/technology/2018/12/24/

[29] https://www.hisour.com/ar/electric-vehicle-battery-42642/

[30] https://www.hisour.com/ar/electric-vehicle-battery-42642/

[31] https://www.diy4upro.com/2019/01/blog-post.html

[32] https://www.egyres.com/

[33] https://www.landrover-me.com/ar/vehicles/phev/faq.html

[34] https://ar.wikipedia.org/wiki/%

[35] https://mawdoo3.com/

[36] http://www.motiontrends.com/2003/m10/technology/toyota/ths2.shtml

[37] https://amroero.blogspot.com/2018_05_13_archive.html

[38] https://www.siteawy.com/cars/mercedes-benz-c350e-electric-hybrid.html

[39] https://www.semanticscholar.org/paper/Design-and-simulation-of-a-battery-powered-electric-El-Nemr-Omara/cf221e688f476f489fef69f7557e794925c3be18

[40] talgaresources.com

[41] https://www.3m.com/3M/en_US/oem-tier-us/applications/propulsion/ev-battery/

[42] https://circuitdigest.com/article/all-you-want-to-know-about-electric-vehicle-batteries

[43] https://www.semanticscholar.org/paper/Evaluation-of-a-Remanufacturing-for-Lithium-Ion-Kampker-Heimes/4ead042b905e59218a192b2c02fb4f24090f9290/figure/0

[44] https://www.thoughtco.com/how-inverters-and-converters-work-85612

[45] http://autocaat.org/Technologies/Power_Electronics_and_Electric_Machines/Converters_Inverters_Controls/

[46] https://www.researchgate.net/figure/Drivetrain-of-an-electric-vehicle_fig1_281232089

[47] https://www.semanticscholar.org/paper/Traction-inverters-in-hybrid-electric-vehicles-Ye-Yang/a1de5818b60fc7af3c3c209173256329a576ba45

[48] https://terrywhite.com/is-it-finally-time-to-get-an-electric-vehicle/

[49] http://www.mennek.es/index.php?id=latest0&L=2&tx_ttnews[tt_news]=47&cHash=41f53c2243988286b8c9d119230d6d1d

[50] https://www.smarthomecharge.co.uk/guides/ev-basics-electric-car-charging-connections-explained/

[51] https://electronics.stackexchange.com/questions/380254/power-factor-and-harmonics-associated-with-electric-vehicle-charging

[52] https://e2e.ti.com/blogs_/archives/b/smartgrid/archive/2016/08/29/electric-vehicle-charging-stations-are-getting-smarter-and-charging-faster

[53] https://www.mpoweruk.com/infrastructure.htm

[54] https://www.energysage.com/electric-vehicles/101/how-do-electric-car-batteries-work/

[55] https://www.energysage.com/solar/solar-energy-storage/what-are-the-best-batteries-for-solar-panels/

[56] https://honestversion.com/electric-vehicle-charging-connectors-market-overview-by-rising-demands-2019-to-2025/

[57] www.slideshare.net/FAL1/electric-vehicle-chassis-battery-systems-29166157

[58] https://etssolution-asia.com/vibration-testing-applications-on-battery-testing-for-electric-vehicles/

[59] https://www.batterypoweronline.com/articles/sorting-busbar-choices-for-electric-vehicle-power-distribution/

[60] http://www.myfloridahomeenergy.com/help/library/transportation/batteries-for-vehicles/#sthash.qSL4I23x.dpbs

[61] https://www.researchgate.net/figure/Typical-electric-vehicle-configuration-with-power-electronic-coupling_fig7_268326264

[62] https://www.nspower.ca/en/home/for-my-home/heating-solutions/electric-vehicles/about-evs.aspx

[63] http://worldonlyforyou.blogspot.com/2015/11/difference-between-hybrid-and-electric.html

[64] https://www.researchgate.net/figure/Overview-of-different-types-of-electric-vehicles-36_fig1_325287110

[65] https://web.mit.edu/2.972/www/reports/hybrid_vehicle/hybrid_electric_vehicles.html

[66] https://medium.com/@workholidayjiang/electric-bike-lithium-battery-18650-battery-types-and-assembly-9691cc3127de

[67] https://www.bloomberg.com/graphics/2017-lithium-battery-future/

[68] https://cleantechnica.com/2018/07/08/tesla-model-3-chevy-bolt-battery-packs-examined/

[69] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plug-in_hybrid_electric_vehicle_(PHEV)_diagram.jpg

[70]File: Plug-in hybrid electric vehicle (PHEV) diagram.jpg

[71] https://www.mechujala.com/2018/06/electric-vehicle-and-its-components.html

[72] https://oli.cmu.edu/courses/electric-vehicle-technology-nsc-stem-pathways-open-free/

[73] http://e-mobilitygorenjska.si/en/what-is-the-state-of-e-mobility-and-e-charging-stations-in-the-alpine-area-2/

[74] https://www.scribd.com/doc/11227566/

[75] https://www.rjeem.com/

[76] https://www.siteawy.com/cars/mercedes-benz-c350e-electric-hybrid.html

[77] https://www.4-wheeling-in-western-australia.com/electric-vehicles.html

[78] http://www.delcoremy.com/the-latest/2019/april-2019/hybrid-and-electric-vehicle-future

[79] https://mail.irjet.net/archives/V2/i3/Irjet-v2i3377.pdf

[80] https://en.wikipedia.org/wiki/Alternator_(automotive)

[81] http://www.southdallasbattery.com/alternators.html

[82] https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-hybrid-electric-cars-work

[83] https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-all-electric-cars-work

[84] https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-plug-in-hybrid-electric-cars-work

[85] http://www.electric-motors-price.info/vehicle-air-conditioning

[86] https://site.uit.no/ladeteknologi/2019/09/10/a-review-on-electric-vehicles

[87] https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378779615001534

[88] http://circutor.es/en/documentation/articles/4189-harmonics-today-s-problems-and-its-solution

[89] https://apqi.org/impact-of-electric-vehicles-on-power-quality/

[90] https://www.mdpi.com/1996-1073/12/1/168

[91] https://cleantechnica.com/2020/01/25/ionity-installing-324-abb-350-kw-ultrafast-charging-stations-in-its-2nd-phase/

[92] https://site.uit.no/ladeteknologi/2019/09/10/a-review-on-electric-vehicles/

[93] https://www.ee.co.za/article/supraharmonics-transmission-distribution-networks.html

[94] https://ocw.tudelft.nl/course-readings/2-3-4-lecture-notes-ev-charging-process-and-smart-charging/

[95] https://www.slideserve.com/vaughn/charging-electric-vehicles-in-the-smart-grid

[96] https://link.springer.com/article/10.1007/s42452-020-2369-0#Tab3

[97] http://www.evtechexpo.eu/resources/news-and-editorial/exhibitor-news/2017/03/29/efficiency-determination-of-electric-vehicles-under-real-driving-conditions/

[98] https://www.mdpi.com/1996-1073/10/4/533

[99] https://circuitglobe.com/phantom-loading.html

[100] https://www.researchgate.net/publication/312825757_Fast_charging_diversity_impact_on_total_harmonic_distortion_due_to_phase_cancellation_effect_Fast_Charger’s_testing_experimental_results

[101] https://www.sicon-emi.com/60kw-evms-ccs-chademo-ev-charger_p163.html

[102] https://www.pinterest.com/pin/265360603028931808/

[103] https://batteryuniversity.com/learn/article/bu_1004_charging_an_electric_vehicle

[104] https://www.researchgate.net/figure/Charging-curve-of-a-lithium-ion-battery-equipped-in-a-Nissan-Altra-EV-SOC-state-of_fig3_320210534

[105] file:///C:/Users/pc/Downloads/wevj-09-00017.pdf

[106] https://509electric.com/electrical-car-charging-stations-which-one-is-right-for-you/

[107] IEC 61000 2-4- Part 2-4

Environment - Compatibility levels in industrial plants for low-frequency conducted disturbances

[108] IEC 61000-3-2 - Part 3-2

Low-voltage equipment with rated current under or equal to 16 A

[109] IEC 62752:2016

In-Cable Control and Protection Device for mode 2 charging of electric road vehicles (IC-CPD)

[110] IEC 61851-1: General requirements

[111] IEC 61851-21-1: Electric vehicle on-board
charger EMC requirements for conductive connection to AC/DC supply

[112] IEC 61851-21-2: Electric vehicle requirements for conductive connection to an AC/DC supply - EMC requirements for off board electric vehicle charging systems

[113] IEC 61851-23: DC electric vehicle charging station

[114] IEC 61851-24: Digital communication between a DC EV charging station and an electric vehicle for control of DC charging

[115] IEC TS 62578-2015

Power electronic systems and equipment - Operation conditions and characteristics of active in feed converter (AIC) applications including design recommendations for their emission values below 150 kHz

[116] ISO 15118 consists of the following parts، detailed in separate standard documents:

[117] ISO 15118-1: General information and use-case definition

[118] ISO 15118-2: Network and application protocol requirements

[119] ISO 15118-3: Physical and data link layer requirements

[120] ISO 15118-4: Network and application protocol conformance test

[121] ISO 15118-5: Physical and data link layer conformance test

[122] ISO/DIS 15118-6: General information and use-case definition for wireless communication (out of commission، merged with 2nd edition of ISO 15118-1)

[123] ISO/CD 15118-7: Network and application protocol requirements for wireless communication

(Out of commission، moved to ISO/DIS 15118-20)

[124] ISO 15118-8: Physical layer and data link layer requirements for wireless communication

[125] ISO 15118-20: 2nd generation network and application protocol requirements

[126] Modern electric، hybrid electric and full cell vehicles، Book

[127]Global - EV - Outlook - 2019

List of abbreviations

AC	Alternative current
AEV	All-electric vehicles
BAN	Building area network
BEV	Battery electric vehicle
BTU	British thermal unit
CAA	Canadian Automobile Association
CHP	Combined Heat and Power
CPM	Charging point manager
DC	Direct Current
DCFC	Direct Current Fast Charging
DER	Distributed Energy Resource
DIN	Deutsches Institut fuer Normung
DP	Dynamic programming
DSL	Digital subscriber line
DSP	Digital Signal Processing
DSO	Distribution system operators
EI	Energy internet
EIA	U.S. Energy Information Administration
EDV	Electric Drive Vehicle
EM	Electric motor

EMI	Electromagnetic interference
EREV	Extended range full-HEV
ESS	Energy Storage System
EV	Electric vehicle
EVGI	Electric vehicle grid integration
EVSA	EV supplier-aggregator
FAN	Field area network
FC	Fuel cell
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle
FCHEV	Fuel Cell Hybrid Electric Vehicle
FES	Flywheel energy system
FLC	Fuzzy logic controller
Full-HEV	Full hybrid electric vehicle
G2V	Grid to vehicle
GA	Genetic algorithm
GENCO	Generator companies
GHG	Green House Gases
HAN	Home area network
HESS	Hybrid energy storage system
HEV	Hybrid electric vehicle

HBPA-PSO	Heuristics & proportion-based assignment
IAN	Industrial area network
IEA	International Energy Agency
ICE	Internal Combustion Engine
ICEV	Internal combustion engine vehicle
ISO	International Organization for Standardization
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
JEVA	Japan Electric Vehicle association
LSE	Load serving entity
Mild-HEV	Mild hybrid electric vehicle
MPG	Miles per gallon
MPGe	Miles per gallon gasoline equivalent
NAN	Neighborhood area network
NN	Neural network
NREL	National Renewable Energy Laboratory
NFPA	National Fire Protection Association
NEC	National Electric Code
NLP	Nonlinear programming
OACS	On-line adaptive EV charging scheduling
ORCHARD	Online coordinated charging decision
PHEV	Plug-in hybrid electric vehicle

PI	Proportional integral
PID	Proportional integral derivative
PLC	Data communication over power line
Plug-in HEV	Plug-in hybrid electric vehicle
PSO	Particle swarm optimization
PWM	Pulse Width Modulation
RESS	Rechargeable Energy Storage System
SOC	State of the charge
SA	Supplier agent
SAE	Society of Automotive Engineers
SPDS	Shrunken primal-dual sub gradient
TSO	Transmission system operators
UC	Ultra capacitor
UL	Underwriters' Laboratories
V2B	Vehicle to building
V2G	Vehicle to grid
V2V	Vehicle to vehicle
WPT	Wireless power transfer

ملاحظات

ملاحظات

رقم الإيداع 20251/2021

الترقيم الدولى 9094984

بدار الكتب والوثائق القومية

مطبعة

الجزيرة انترناشونال للطباعة

عنوان المطبعة : 28 شارع السيد عبيد عزبة الصعايدة ترعة السواحل – امبابة

تليفون: 023456789

